

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Sada virtuálních přístrojů pro multifunkční měřicí kartu**

**Set of Virtual Instruments for Data Acquisition Board**

**2016**

**Jasmin Jan Jatić**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jasmin Jan Jatić**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2612R041 Řídicí a informační systémy

Téma: Sada virtuálních přístrojů pro multifunkční měřicí kartu  
Set of Virtual Instruments for Data Acquisition Board

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Řada úloh pro měření a testování je dnes vyhodnocována s využitím technologie Virtuální instrumentace. Jedná se o doplnění PC komponentou pro měření či generování signálů a SW komponentou, která zajistí automatizaci úlohu či sofistikované zpracování signálu. Práce se zabývá vývojem SW v LabVIEW pro sadu virtuálních přístrojů (osciloskop, funkční generátor a další) využívajících multifunkční měřicí karty.

### Body zadání:

1. Seznámení se s oblastí virtuální instrumentace a prostředím LabVIEW.
2. Seznámení se s koncepcí úlohy a vlastnostmi stávajících virtuálních přístrojů pro NI-ELVIS.
3. Návrh vlastností vyvíjených virtuálních přístrojů.
4. Implementace SW.
5. Zhodnocení dosažených výsledků závěrečné práce.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VLACH, Jaroslav, Viktorie VLACHOVÁ, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [2] BRESS, Thomas J. *Effective labview programming*. 1st ed. Allendale: NTS Press, 2013, 701 s. ISBN 1-9348-9108-8.
- [3] BITTER, Rick, Taqi MOHIUDDIN a Matt NAWROCKI. *LabView advanced programming techniques*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2007, 499 s. ISBN 0-8493-3325-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



---

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
*vedoucí katedry*


---

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 27. dubna 2016

  
.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Petrovi Bilíkovi Ph.D za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Cílem této práce je vytvoření sady virtuálních přístrojů pro měřicí karty společnosti National Instruments ve vývojovém prostředí LabVIEW. Sada virtuálních přístrojů se skládá z digitální čtečky, digitální zapisovačky, funkčního generátoru a osciloskopu, přičemž všechny tyto přístroje budou funkčně a designově totožné s přístroji ze sady virtuální přístrojů NI ELVISmx. Výsledné nástroje pro měřicí karty budou rozdílné od nástrojů společnosti National instrument, zejména v nezávislosti na zařízeních NI ELVIS a NI myDAQ, dále v možnosti zasahovat do blokového diagramu (kódu programu) a také v možnosti nezávislého rozvíjení výsledného softwaru pro další použití nebo další funkce.

## **Klíčová slova**

Čtečka digitálních vstupů, Zapisovačka na digitální výstupy, Osciloskop, funkční generátor, generátor, zapisovačka, čtečka, National Instruments, National, Instruments, NI, LabVIEW, NI DAQmx, NI MAX, NI myDAQ, NI ELVIS, ELVIS, NI ELVIS Instruments, Virtuální instrumentace, instrumentace, Virtuální, měřicí karta, měřicí, karta.

## **Abstract**

The aim of this work is to create a set of virtual instruments for Data Acquisition cards of National Instruments in development environment LabVIEW. A set of virtual instruments consists of digital reader, digital writer, function generator and oscilloscope. The function and design will be identical to a set of virtual instruments NI ELVISmx. The resulting tools for Data Acquisition cards will be different from the tools from National Instrument especially in independence to devices NI ELVIS and myDAQ and also in the possibility to intervene the block diagram (program code), and also in the possibility of independent development of the resulting software for further use, or other functions.

## **Key words**

Digital reader, Digital writer, oscilloscope, function generator, generator, writer, reader, National Instruments, National, Instruments, NI, LabVIEW, NI DAQmx, NI MAX, NI myDAQ, NI ELVIS, ELVIS, NI ELVISmx Instrument Launcher, Virtual instruments, Instruments, Virtual, Data Acquisition Card, Acquisition, card.

## Obsah

Obsah.....	- 8 -
Seznam použitých symbolů.....	- 10 -
Seznam použitých zkratk.....	- 11 -
Seznam ilustrací a seznam tabulek.....	- 13 -
Úvod.....	- 15 -
1 Teorie problematiky .....	- 16 -
1.1 Úvod do problematiky LabVIEW.....	- 16 -
1.2 Podprogramy (SubVI).....	- 17 -
2 Použitý hardware.....	- 19 -
2.1 NI myDAQ.....	- 19 -
2.2 NI ELVIS II .....	- 20 -
2.3 NI PCI-6221 .....	- 21 -
2.4 NI USB-6211 .....	- 22 -
3 Použitý software.....	- 23 -
3.1 LabVIEW 15.0.....	- 23 -
3.2 NI MAX 15.0 .....	- 23 -
3.3 NI DAQmx 15.0.....	- 24 -
3.4 NI ELVISmx 15.0 .....	- 24 -
4 NI ELVISmx Instrument Launcher.....	- 25 -
4.1 Čtečka digitálních vstupů - NI ELVISmx .....	- 25 -
4.1.1 Nastavení konfigurace (Configuration Settings) .....	- 26 -
4.1.2 Řízení aplikace (Instrument Control) .....	- 26 -
4.2 Zapisovačka na digitální výstupy – NI ELVISmx .....	- 27 -
4.2.1 Nastavení konfigurace (Configuration Settings) .....	- 28 -
4.2.2 Řízení aplikace (Instrument Control) .....	- 29 -
4.3 Funkční generátor – NI ELVISmx .....	- 30 -
4.3.1 Nastavení průběhu (Waveform Settings) .....	- 30 -
4.3.2 Nastavení proměnného průběhu (Sweep Settings).....	- 31 -
4.3.3 Řízení aplikace (Instrument Control) .....	- 32 -
4.4 Osciloskop – NI ELVISmx .....	- 32 -
4.4.1 Nastavení kanálu 0 (Channel 0 Settings).....	- 33 -



4.4.2	Nastavení kanálu 1 (Channel 1 Settings).....	- 34 -
4.4.3	Časová základna (Timebase).....	- 34 -
4.4.4	Trigger.....	- 35 -
4.4.5	Řízení aplikace (Instrument Control) .....	- 37 -
4.4.6	Nastavení kurzorů (Cursor Settings) .....	- 37 -
4.4.7	Zobrazení parametrů průběhů (Display Measurements) .....	- 38 -
4.4.8	Nastavení grafu (Graph Controls) .....	- 38 -
4.4.9	Graf.....	- 40 -
5	Vytvořený software .....	- 43 -
5.1	Menu .....	- 43 -
5.1.1	Blokový diagram .....	- 44 -
5.2	Čtečka digitálních vstupů.....	- 44 -
5.2.1	Popis implementované funkce a vývojový diagram.....	- 46 -
5.3	Zapisovačka na digitální výstupy.....	- 47 -
5.3.1	Popis implementované funkce a vývojový diagram.....	- 48 -
5.4	Funkční generátor .....	- 49 -
5.4.1	Popis implementované funkce a vývojový diagram.....	- 51 -
5.4.2	Vzorkovací frekvence.....	- 52 -
5.5	Osciloskop.....	- 53 -
5.5.1	Popis implementované funkce a vývojový diagram.....	- 54 -
5.5.2	Vzorkovací frekvence.....	- 55 -
5.5.3	Fronty .....	- 56 -
5.5.4	Vnitřní paralelní smyčky .....	- 57 -
5.6	Podprogramy (SubVI).....	- 60 -
6	Závěr .....	- 65 -
7	Použitá literatura .....	- 66 -
8	Seznam příloh.....	- 68 -

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
<b>U</b>	V	Napětí
<b>I</b>	A	Proud
<b>f</b>	Hz	Frekvence
<b>f<sub>vz_max</sub></b>	kS/s	Maximální vzorkovací frekvence
<b>U<sub>max</sub></b>	V	Maximální napětí
<b>T</b>	s	Perioda
<b>I<sub>max</sub></b>	A	Maximální proud
<b>U<sub>ef</sub></b>	V	Efektivní hodnota napětí
<b>I<sub>ef</sub></b>	A	Efektivní hodnota proudu

## Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
<b>ID</b>	Jednorozměrné pole
<b>AC</b>	Alternating Current – Střídavý proud
<b>AD</b>	Analog–Digital – převodník z analogového signálu na digitální
<b>AGND</b>	Analog Ground – Uzemnění analogových terminálů
<b>AI</b>	Analog Input – Terminál analogového vstupu
<b>Aj.</b>	A jiné
<b>AM</b>	Amplitude Modulation – Amplitudová modulace
<b>AO</b>	Analog Output – Terminál analogového výstupu
<b>Atp.</b>	A tak podobně
<b>BNC</b>	Bayonet Neill Concelman connector – konektor pro koaxiální kabely
<b>DA</b>	Digital-Analog – převodník z digitálních signálů na analogový signál
<b>DBL</b>	Double – Datový typ
<b>DC</b>	Direct Current – stejnosměrný proud
<b>DGND</b>	Digital Ground – Uzemnění digitálních terminálů
<b>DIO</b>	Digital Input/Output – terminál digitálního vstupu/výstupu
<b>D-SUB</b>	D-subminiature – typ konektoru
<b>DUT-</b>	Terminál pro měření impedance
<b>DUT+</b>	Terminál pro měření impedance
<b>EXE</b>	Formát souboru
<b>FGEN</b>	Function Generator – výstupní terminal funkčního generátoru
<b>FIFO</b>	First In First Out – typ (mezi)paměti (buffer)
<b>FM</b>	Frequency Modulation – Frekvenční modulace
<b>Freq</b>	Frequency - Frekvence
<b>HW</b>	Hardware – fyzicky existující přístroj
<b>CH0</b>	Channel 0 - Kanál 0
<b>CH1</b>	Channel 1 – Kanál 1
<b>CH2</b>	Channel 2 – Kanál 2
<b>LED</b>	Light-Emitting-Diode – světelná dioda

<b>NI</b>	National Instruments – společnost
<b>NI MAX</b>	National Instruments Measurement and Automation Explorer
<b>NI myDAQ</b>	National Instruments my Data Acquisition – Zařízení s měřicí kartou
<b>NPN</b>	Typ bipolárního tranzistoru
<b>Obr.</b>	Obrázek
<b>PC</b>	Personal Computer – Osobní počítač
<b>PFI</b>	Programmable Free Interface – Volně programovatelný terminál
<b>PNP</b>	Typ bipolárního tranzistoru
<b>RMS</b>	Root Mean Square – Efektivní hodnota
<b>SubVI</b>	Podprogram
<b>SW</b>	Software – Program/aplikace
<b>Tzv.</b>	takzvaný
<b>USB</b>	Universal Serial Bus – Univerzální sériová sběrnice
<b>VI</b>	Virtual Instrument - Název pro soubor LabVIEW
<b>Viz.</b>	více
<b>Vp-p</b>	Volts peak-to-peak – Hodnota napětí od špičky k špičce
<b>Vz.</b>	Vzorek/vzorků
<b>wfm</b>	Waveform - průběh

---

## Seznam ilustrací a seznam tabulek

### Seznam ilustrací

<b>Obr. 1.1</b> Příklad čelního panelu.....	- 16 -
<b>Obr. 1.2</b> Příklad blokového diagramu .....	- 17 -
<b>Obr. 1.3</b> Příklad ikony VI s vstupními a výstupními terminály. ....	- 18 -
<b>Obr. 2.1</b> Zařízení s multifunkční měřicí kartou - NI myDAQ [3].....	- 19 -
<b>Obr. 2.2</b> Boční vstupní a výstupní terminály zařízení NI myDAQ [2] .....	- 19 -
<b>Obr. 2.3</b> Terminály pro měření digitálním multimetrem [2].....	- 20 -
<b>Obr. 2.4</b> Zařízení s multifunkční měřicí kartou - NI ELVIS II [4].....	- 20 -
<b>Obr. 2.5</b> Vyměnitelné desky v NI ELVIS II [5].....	- 21 -
<b>Obr. 2.6</b> Měřicí karta NI PCI-6221 [7] .....	- 22 -
<b>Obr. 2.7</b> Modul NI USB-6211 [9] .....	- 22 -
<b>Obr. 3.1</b> Seznam všech nainstalovaných softwarů společnosti NI .....	- 23 -
<b>Obr. 3.2</b> Paleta nástrojů DAQmx pro obsluhu měřicích karet NI.....	- 24 -
<b>Obr. 4.1</b> Grafické rozhraní programu NI ELVISmx Instruments [13].....	- 25 -
<b>Obr. 4.2</b> Uživatelské rozhraní aplikace Digital Reader - NI ELVISmx.....	- 26 -
<b>Obr. 4.3</b> Nastavení konfigurace .....	- 26 -
<b>Obr. 4.4</b> Nastavení zařízení.....	- 27 -
<b>Obr. 4.5</b> Uživatelské rozhraní aplikace Digital Writer - NI ELVISmx.....	- 28 -
<b>Obr. 4.6</b> Nastavení konfigurace .....	- 28 -
<b>Obr. 4.7</b> Řízení aplikace.....	- 29 -
<b>Obr. 4.8</b> Uživatelské rozhraní aplikace Function Generator - NI ELVISmx .....	- 30 -
<b>Obr. 4.9</b> Nastavení průběhu výstupního analogového signálu.....	- 31 -
<b>Obr. 4.10</b> Výběr ze tří průběhů signálu.....	- 31 -
<b>Obr. 4.11</b> Dílčí část - Sweep Settings.....	- 31 -
<b>Obr. 4.12</b> Část aplikace zabývající se nastavením zařízení. ....	- 32 -
<b>Obr. 4.13</b> Uživatelské rozhraní aplikace Oscilloscope – NI ELVISmx Instruments .....	- 33 -
<b>Obr. 4.14</b> Část aplikace zabývající se nastavením kanálu 0. ....	- 33 -
<b>Obr. 4.15</b> Část aplikace zabývající se nastavením kanálu 1 .....	- 34 -
<b>Obr. 4.16</b> Otočný ovládací prvek, sloužící k nastavení časové základny. ....	- 35 -
<b>Obr. 4.17</b> Demonstrace principu funkčnosti časové základny grafu při nastavení 10ms/dílek .....	- 35 -
<b>Obr. 4.18</b> Část aplikace, která se zabývá nastavením Triggeru.....	- 36 -
<b>Obr. 4.19</b> Část aplikace, která se zabývá nastavením zařízení a chodu programu.....	- 37 -
<b>Obr. 4.20</b> Nastavení volných kurzorů.....	- 37 -
<b>Obr. 4.21</b> Nastavení viditelnosti parametrů průběhů.....	- 38 -
<b>Obr. 4.22</b> Tlačítko pro nastavení vlastností grafu.....	- 38 -
<b>Obr. 4.23</b> Nastavení vlastností grafu – záložka plots.....	- 39 -
<b>Obr. 4.24</b> Nastavení vlastností grafu – záložka Cursors.....	- 39 -
<b>Obr. 4.25</b> Nastavení vlastností grafu – záložka Measurements .....	- 40 -
<b>Obr. 4.26</b> Graf.....	- 40 -
<b>Obr. 5.1</b> Čelní panel aplikace Menu [13] .....	- 43 -
<b>Obr. 5.2</b> Kód pro asynchronní volání aplikace Osciloskop. ....	- 44 -

<b>Obr. 5.3</b> Uživatelské rozhraní aplikace Čtečka digitálních vstupů.....	- 45 -
<b>Obr. 5.4</b> Kód hlavní části programu - smyčka WHILE – Data loop.....	- 45 -
<b>Obr. 5.5</b> Vývojový diagram aplikace Čtečka digitálních vstupů.....	- 46 -
<b>Obr. 5.6</b> Uživatelské rozhraní aplikace Zapisovačka na digitální výstupy.....	- 47 -
<b>Obr. 5.7</b> Fragment kódu, zajišťující automatické generování dat pro funkci Ramp (0 – 15) .....	- 47 -
<b>Obr. 5.8</b> Vývojový diagram aplikace Zapisovačka na digitální výstupy.....	- 48 -
<b>Obr. 5.9</b> Uživatelské rozhraní aplikace Funkční generátor.....	- 50 -
<b>Obr. 5.10</b> Kód hlavní části programu, smyčka WHILE – Data loop .....	- 50 -
<b>Obr. 5.11</b> Vývojový diagram aplikace Funkční generátor.....	- 51 -
<b>Obr. 5.12</b> Kód SubVI „frequency2rate“ .....	- 52 -
<b>Obr. 5.13</b> Uživatelské rozhraní aplikace Osciloskop.....	- 53 -
<b>Obr. 5.14</b> Vývojový diagram aplikace Osciloskop.....	- 54 -
<b>Obr. 5.15</b> Výpočet vzorkovací frekvence.....	- 56 -
<b>Obr. 5.16</b> Fragment kódu – smyčka WHILE – Event handling loop.....	- 57 -
<b>Obr. 5.17</b> Seznam všech událostí. ....	- 58 -
<b>Obr. 5.18</b> Fragment kódu – smyčka WHILE – Message handling loop.....	- 58 -
<b>Obr. 5.19</b> Seznam možností Case struktury.....	- 58 -
<b>Obr. 5.20</b> Fragment kódu – smyčka WHILE – Data loop.....	- 59 -
<b>Obr. 5.21</b> Fragment kódu – smyčka WHILE – Graph loop. ....	- 60 -
<b>Obr. 5.22</b> Fragment kódu – smyčka WHILE – Save loop. ....	- 60 -
<b>Obr. 5.23</b> Terminály podprogramu Cursors_enable.....	- 61 -
<b>Obr. 5.24</b> Terminály podprogramu DAQmxStart. ....	- 61 -
<b>Obr. 5.25</b> Terminály podprogramu Ch1_scale_vertical.....	- 61 -
<b>Obr. 5.26</b> Terminály podprogramu Ch2_scale_vertical.....	- 61 -
<b>Obr. 5.27</b> Terminály podprogramu OnlyCursors. ....	- 62 -
<b>Obr. 5.28</b> Terminály podprogramu OnlyGraphSettings. ....	- 62 -
<b>Obr. 5.29</b> Terminály podprogramu RMS_VPP_Freq.....	- 62 -
<b>Obr. 5.30</b> Terminály podprogramu Timebase.....	- 62 -
<b>Obr. 5.31</b> Terminály podprogramu TRIGGER. ....	- 63 -
<b>Obr. 5.32</b> Terminály podprogramu zerocross.....	- 63 -
<b>Obr. 5.33</b> Terminály podprogramu bit2dec .....	- 63 -
<b>Obr. 5.34</b> Terminály podprogramu frequency2rate.....	- 63 -
<b>Obr. 5.35</b> Terminály podprogramu inicializace.....	- 64 -
<b>Obr. 5.36</b> Terminály podprogramu Timing.....	- 64 -

#### Seznam tabulek:

<b>Tab. 4.1</b> Tabulka závislosti vzorkovací frekvence na zvolené hodnotě časové základny. ....	- 41 -
<b>Tab. 5.1</b> Tabulka závislosti počtu vzorků periody signálu na frekvenci signálu.....	- 53 -
<b>Tab. 5.2</b> Tabulka událostí s odpovídajícími zprávami vloženými do fronty zpráv.....	- 57 -

## Úvod

Cílem této práce je vytvoření čtyř aplikací pro multifunkční měřicí karty od společnosti NI. Jedná se o následující aplikace: Čtečka digitálních vstupů, Zapisovačka na digitální výstupy, Funkční generátor a Osciloskop. Tyto aplikace jsou již vytvořeny a dodávány spolu s jinými ve volně šiřitelné sadě aplikací NI ELVISmx Instrument Launcher od společnosti NI. Problém těchto aplikací je však v jejich závislosti na zařízeních NI ELVIS a NI myDAQ. Nelze je tedy použít s jinými měřicími kartami od NI. Výsledkem této práce je tedy vytvoření čtyř výše jmenovaných aplikací, které mají identický vzhled i funkčnost jako aplikace od společnosti NI, s tím rozdílem, že blokový diagram (kód), který je výsledkem této práce, je volně přístupný k editaci, vylepšení aplikací, nebo k dalším účelům.

Čtečka digitálních vstupů slouží k zjištění logických stavů (0/1) zvolených digitálních vstupů měřicí karty. Aplikace je rozšířena na zvolení rozsahu bitů, zvolení mezi kontinuálním a jednorázovým čtením a zvolení připojeného zařízení.

Zapisovačka na digitální výstupy slouží k zapisování logických stavů (0/1) na zvolené digitálně výstupní piny měřicí karty. Aplikace je rozšířena na několik módů, funkcí pracujících se zapsanými hodnotami, volbou mezi dvěma režimy zapisování a výběru připojeného zařízení.

Funkční generátor slouží ke generování vybraného typu signálu na analogovém výstupu měřicí karty. Aplikace je rozšířena mimo jiné o funkce jako výběr tvaru signálu, nastavení frekvence a nastavení stejnosměrné složky signálu.

Osciloskop slouží k zobrazování a analýze signálu připojeného na zvoleném analogovém vstupu. Aplikace je rozšířena mimo jiné o funkce jako výběr analogového vstupu, nastavení časové základny, nastavení vertikálních a horizontálních os, trigger atp.

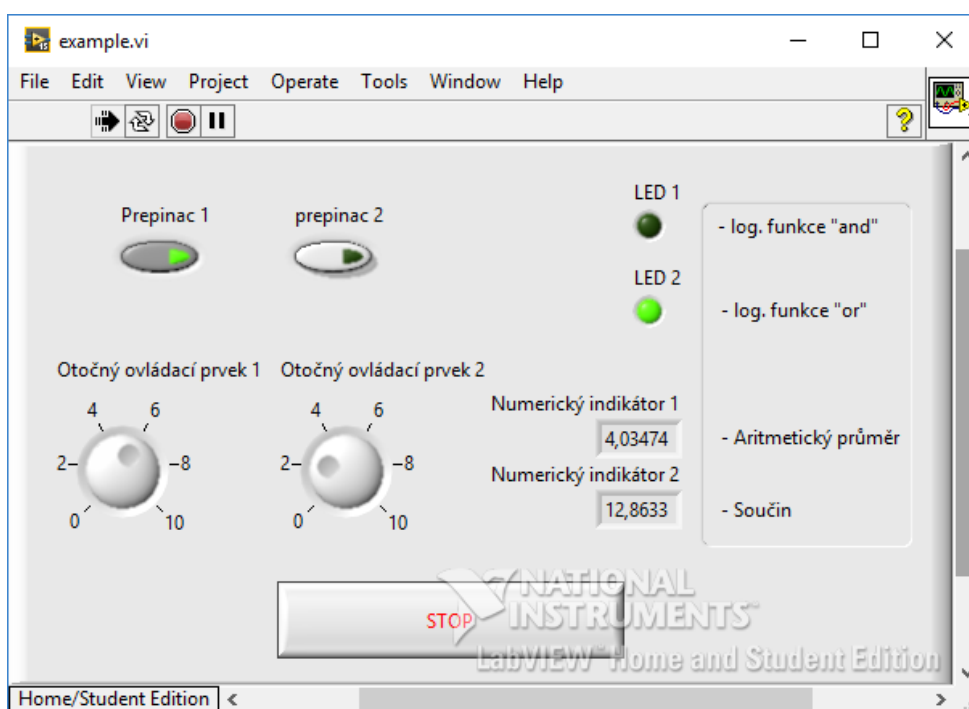
Předpokládá se, že vyvíjení těchto aplikací neskončí pouze u těchto čtyř, v budoucnosti se bude nadále pracovat na dalších aplikacích jako jsou různé frekvenční analýzy, multimetr, proměnné zdroje napětí aj.

## 2 Teorie problematiky

### 2.1 Úvod do problematiky LabVIEW

LabVIEW je vývojové prostředí pro vývoj aplikací, které využívají zejména měřicí karty. Výsledná aplikace je ve většině případů schopna **měřit, řídit** nebo **analyzovat signál**. Programovací jazyk LabVIEW je grafický vývojový diagram, kde sled vykonávání instrukcí je řízen tokem dat, tzv. data flow. Výstupem při programování v LabVIEW je soubor s příponou \*.vi který se nazývá VI. Při otevření souboru VI je nejprve zobrazen čelní panel (Front panel) a po stlačení klávesové zkratky Ctrl+E je zobrazen blokový diagram (Block diagram). Z toho vyplývá, že při programování v LabVIEW má programátor otevřena dvě základní okna.

**Čelní panel** (Front panel) je panel uživatelského rozhraní. Na čelním panelu se nachází všechny ovládací a zobrazovací prostředky, tedy tlačítka, grafy a další uživatelsky ovlivnitelné prvky. Čelní panel je také prostředí, ze kterého bude koncový uživatel program ovládat a řídit jeho funkce.



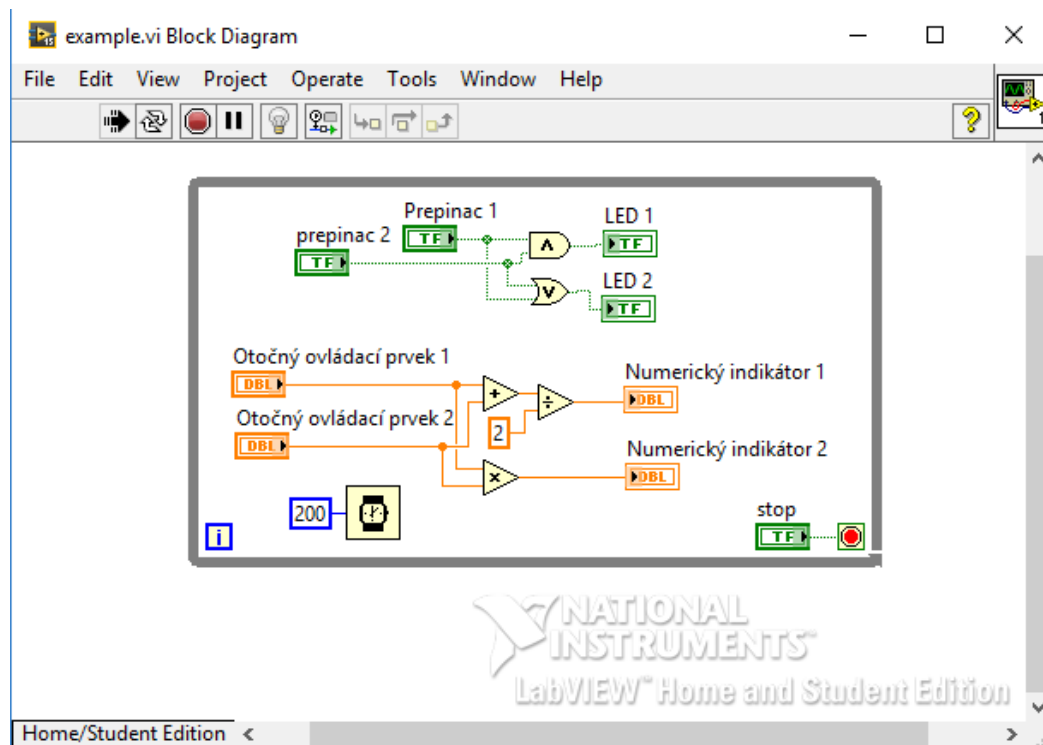
**Obr. 1.1** Příklad čelního panelu

Popis Obr. 1.1 Příklad čelního panelu: Uživatelské rozhraní (Front panel) ukázkové aplikace, která provádí logické funkce „and“ a „or“ přepínačů 1 a 2 a vypočítává aritmetický průměr a součin otočných ovládacích prvků 1 a 2. V uživatelském rozhraní se také nachází tlačítko STOP, které po zmáčknutí přeruší vykonávání všech výpočtu a operací a ukončí aplikaci.

**Blokový diagram** (Block diagram) je místo, ve kterém programátor tvoří kód. Všechny prvky, které jsou na front panelu (mimo grafických detailů a prvků), se nachází také v blokovém diagramu, naopak to však nemusí platit. V blokovém diagramu má programátor mnoho nástrojů jak kontrolovat, zda je funkčnost programu taková, jaká je požadována. Mezi nástroje patří zapnutí sledování toku dat, dále také body přerušení, které zastaví program v místě, kde byl breakpoint vložen a také sondy, díky kterým se dá sledovat aktuální hodnota v místě, kde byla sonda vložena. Tento



systém kontroly chodu programu a také způsob, kterým se v LabVIEW programuje, dělá LabVIEW jedním z nejlépe programátorsky přívětivým prostředím k vývoji aplikací.



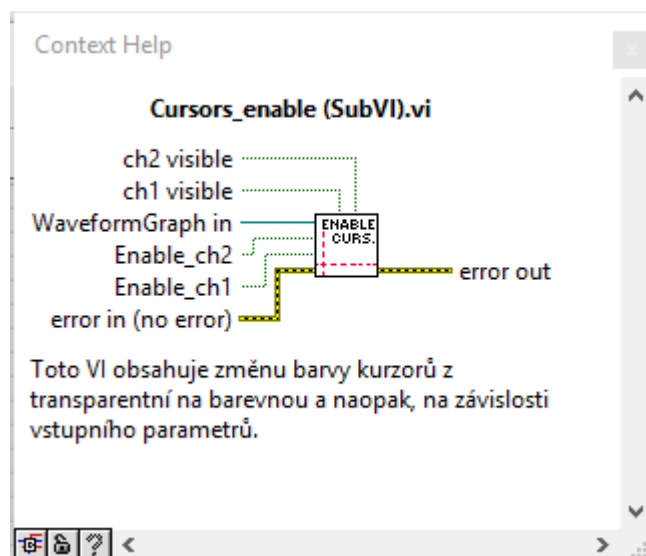
**Obr. 1.2** Příklad blokového diagramu

Popis Obr. 1.2: Hlavní část, která má na starost výpočty a logické operace, se nachází v hlavní a jediné smyčce WHILE. Smyčka WHILE je opakována tak dlouho, dokud není zmáčknuto tlačítko stop. Každá iterace (proběhnutí) smyčky je rovna času, který procesor potřebuje k provedení všech příkazů uvnitř smyčky.

## 2.2 Podprogramy (SubVI)

Podprogramy zvané SubVI jsou VI, které slouží k zjednodušení a zpřehlednění kódu v blokovém diagramu. Je to sdružení malé sekce kódu v samostatné VI, které se poté používá v jiných VI pouhým vložením. V SubVI tvoříme velké aplikace pomocí malých seskládaných kousků kódu v jeden celek. Tato hierarchie nemá limit, počet vrstev které lze pomocí SubVI vytvořit není limitovaný. Každé SubVI má svou ikonu, kterou lze graficky upravovat. Tato ikona se používá v blokových diagramech a může mít své vstupní terminály a výstupní terminály.

Nejčastější použití SubVI je sdružení malé sekce kódu v jedno VI a vyvedení terminálů z/do ikonky SubVI. SubVI s terminály je v kódu prováděno vždy, když má všechny vstupní parametry známé.



**Obr. 1.3** Příklad ikony VI s vstupními a výstupními terminály.

## 3 Použitý hardware

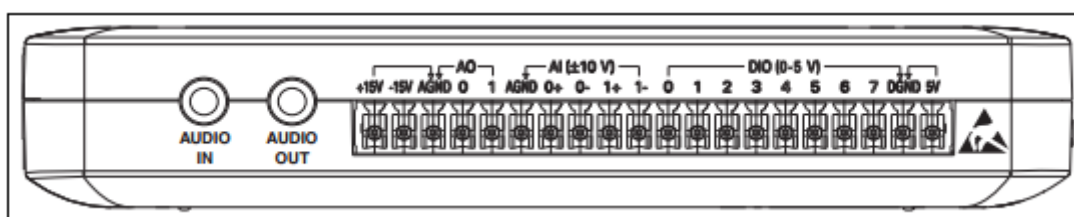
### 3.1 NI myDAQ

Při řešení této práce je pro testování zapůjčeno zařízení **NI myDAQ**. Toto zařízení je vytvořeno primárně pro vzdělávací účely. Obsahuje měřicí kartu, která je určena pro měření, generování a analýzu signálu. Zařízení je možno připojit přes USB rozhraní k počítači a kontinuálně ovládat chování výstupů a vstupů. Toto zařízení umožňuje využívat sadu laboratorních nástrojů NI ELVISmx Instrument Launcher. [1]

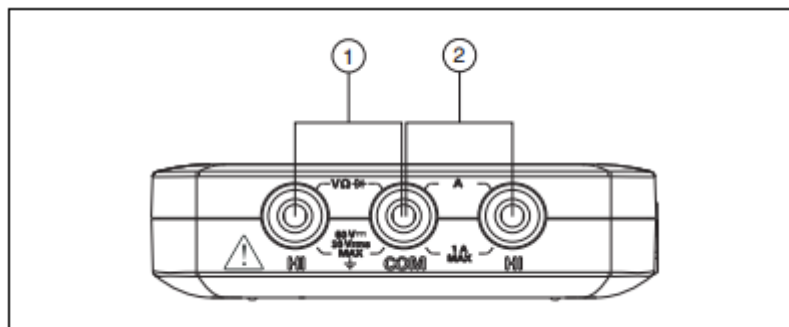
Bližší specifikaci terminálů vstupů a výstupů obsahuje příloha A.1. Analogové výstupy využívají 16-bitových DA převodníků, Analogové vstupy 16-bitových AD převodníků. [2]



*Obr. 2.1 Zařízení s multifunkční měřicí kartou - NI myDAQ [3]*



*Obr. 2.2 Boční vstupní a výstupní terminály zařízení NI myDAQ [2]*

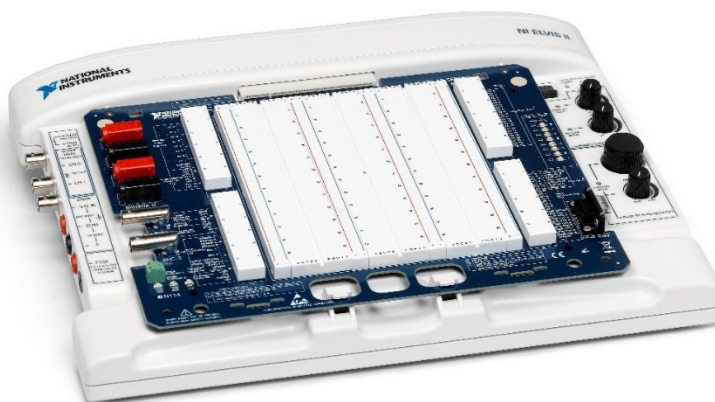


**Obr. 2.3** Terminály pro měření digitálním multimetrem [2]

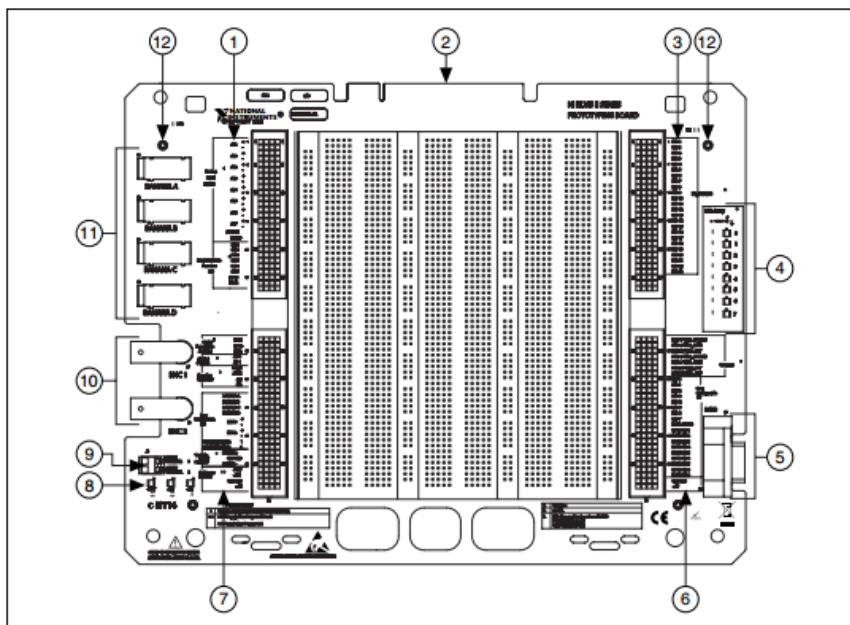
### 3.2 NI ELVIS II

NI ELVIS II je zařízení s multifunkční měřicí kartou společnosti NI, které je primárně určeno ke vzdělávacím účelům. V zařízení je integrováno 12 nejčastěji používaných nástrojů v laboratoři, včetně Osciloskopu, digitálního multimetru, funkčního generátoru, zdrojů napětí aj. Sada těchto 12 nástrojů je obsažena v programu NI ELVISmx Instrument launcher(5), který je s tímto přístrojem kompatibilní. Komunikace s PC je prováděna přes rozhraní USB. [4]

Bližší popis vstupních a výstupních terminálů obsahuje příloha A.2.



**Obr. 2.4** Zařízení s multifunkční měřicí kartou - NI ELVIS II [4]



**Obr. 2.5** Vyměnitelné desky v NI ELVIS II [5]

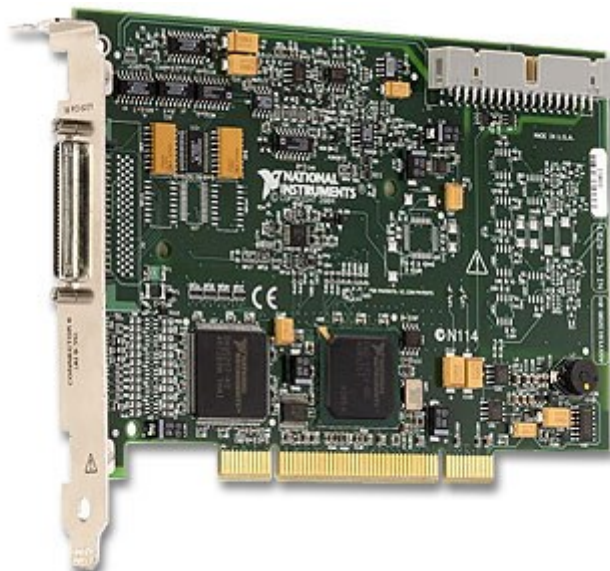
**Legenda k Obr. 2.5 [5]**

1. Analogové vstupy a programovatelné vstupy/výstupy
2. Konektor k připojení stanice
3. Digitální vstupy/výstupy
4. Nastavitelné LED diody
5. Programovatelný D-SUB konektor
6. Čítače/časovače, uživatelem nastavitelné vstupy/výstupy a stejno směrné zdroje napětí
7. Dvstupy pro měření digitálním multimetrem, analogové výstupy, výstup pro generátor, uživatelem nastavitelné vstupy/výstupy a stejnosměrné zdroje napětí.
8. Indikátory zdrojů stejnosměrného napětí
9. Uživatelem nastavitelné svorkovnicové konektory
10. Uživatelem nastavitelné BNC konektory
11. Uživatelem konfigurovatelné „banánkové“ konektory
12. Pozice šroubků

### 3.3 NI PCI-6221

Je multifunkční měřicí karta, spolupracující se softwarem NI LabVIEW. Karta má například 2 16-bitové analogové výstupy s maximální vzorkovací frekvencí 833kS/s, 24 digitálních vstupů/výstupů, 32 bitové čítače a časované digitální vstupy výstupy frekvencí až 1MHz. [7]

Bližší specifikace o vstupních a výstupních terminálech obsahuje příloha A.3.

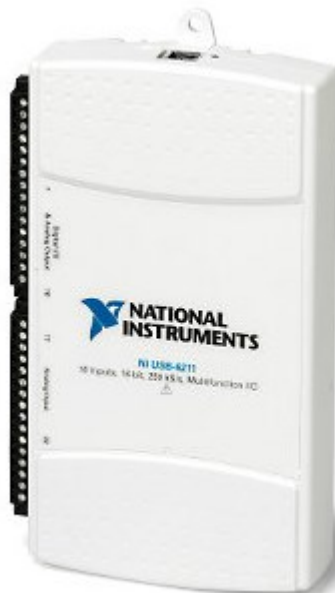


*Obr. 2.6 Měřicí karta NI PCI-6221 [7]*

### 3.4 NI USB-6211

Modul spolupracující s programem NI LabVIEW s komunikací na rozhraní USB. Modul obsahuje: 16 AI, 2 AO, 32 DIO a 2 32-bitové čítače/časovače s frekvencí 80MHz. [9]

Bližší specifikace o terminálech vstupů a výstupů obsahuje příloha A.4.



*Obr. 2.7 Modul NI USB-6211 [9]*

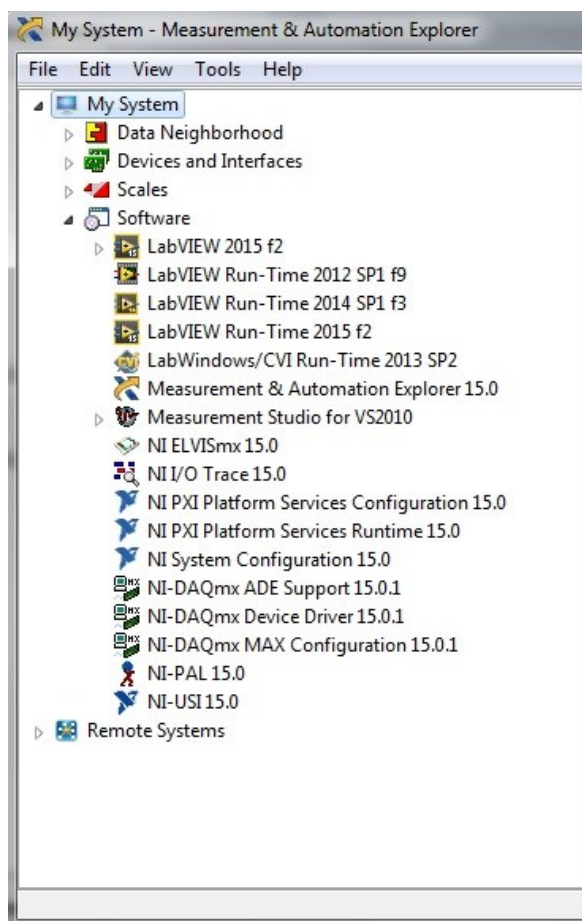
## 4 Použitý software

### 4.1 LabVIEW 15.0

K programování aplikací pro obsluhu multifunkčních měřicích karet od společnosti NI se používá LabVIEW (2.1). Konkrétně k programování této práce je používáno **LabVIEW 15.0** se studentskou licencí.

### 4.2 NI MAX 15.0

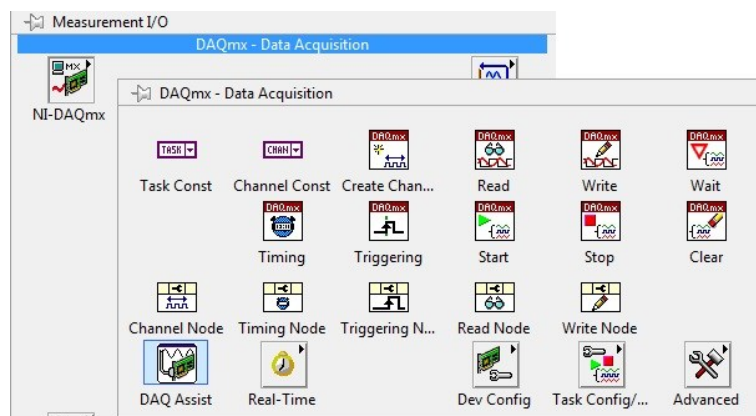
**NI MAX** je zkratkou pro Measurement and Automation Explorer 2015. NI MAX zprostředkovává přístup ke všem zařízením společnosti NI. Nalezneme zde systémové informace o PC a operačním systému, na kterém je NI MAX nainstalován, software také dokáže nakonfigurovat jakýkoliv hardware společnosti NI a dokáže vytvořit kanály nebo libovolné virtuální zařízení společnosti NI a používat ho k testování, ladění a vývoji aplikací. Je zde možnost zobrazit všechna připojená zařízení společnosti NI nebo také zobrazit všechny nainstalovaný software společnosti NI. [11]



**Obr. 3.1** Seznam všech nainstalovaných softwarů společnosti NI

### 4.3 NI DAQmx 15.0

Tento SW ovladač je knihovnou pro program LabVIEW. Zajišťuje obsluhu multifunkčních měřicích karet. Bez této knihovny by nešla tato práce zrealizovat. [12]



*Obr. 3.2 Paleta nástrojů DAQmx pro obsluhu měřicích karet NI*

### 4.4 NI ELVISmx 15.0

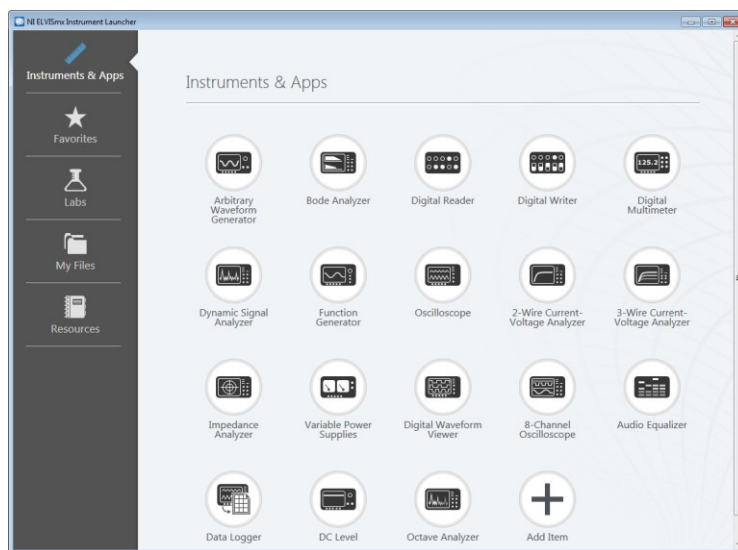
NI ELVISmx je SW ovladač, který je podporou pro přístroje určené zejména k vzdělávacím účelům. Mezi zařízení, která jsou primárně určena k vzdělávacím účelům patří NI myDAQ a NI ELVIS II/II+. Tato zařízení poskytují možnost využívat sadu laboratorních nástrojů NI ELVISmx Instrument Launcher(5), která je součástí tohoto SW. NI ELVISmx dále obsahuje knihovnu expresních VI, knihovnu NI DAQmx 15.0 a SignalExpress kroky pro programování výše jmenovaných zařízení. [18]



## 5 NI ELVISmx Instrument Launcher

NI ELVISmx Instrument Launcher je volně šiřitelný software společnosti NI, který slouží k obsluze NI myDAQ a NI ELVIS II/II+. Nalezneme zde mnoho aplikací k obsluze měřicích karet. Vesměš všechny tyto aplikace jsou určeny k měření, generování nebo analýze signálu. Tento SW je součástí instalace SW ovladače NI ELVISmx 15.0 (4.4). [13]

Ve složce **Instruments & Apps** nalezneme nástroje jako osciloskopy, multimetry, zapisovačky, čtečky, generátory, analyzátoři. Ve složce **Favorites** nalezneme námi přidané oblíbené nástroje. Složka **Labs** umožňuje přístup ke sbírce laboratorních úloh a cvičení. Složka **My files** slouží jako rychlý přístup ke svým libovolným souborům a ve složce **Resources** nalezneme manuály, tutoriály, návody aj.[13]



*Obr. 4.1 Grafické rozhraní programu NI ELVISmx Instrument Launcher [13]*

### 5.1 Čtečka digitálních vstupů - NI ELVISmx

Čtečka digitálních vstupů slouží k zjištění logické hodnoty (0/1) zvoleného digitálního vstupu měřicí karty. Aplikace je rozšířena o volbu rozsahu bitů, zvolení mezi kontinuálním a jednorázovým čtením, zvolení připojeného zařízení a jiných níže popsaných funkcí.[14]

Hlavní výhodou naprogramování virtuální digitální čtečky logického stavu je v tom, že v praxi nemusí být použity další hardwarové produkty, které jsou potřebné k zjištění logického stavu, stačí pouze měřicí karta a z jednoho PC může člověk zjišťovat aktuální stav zvolených digitálních vstupů měřicí karty.

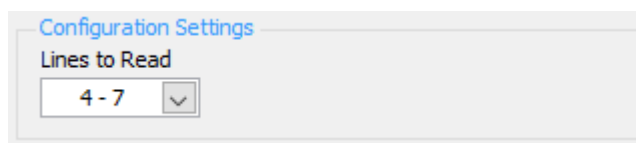
Čtečka digitálních vstupů je rozdělena na dvě části. První část se zabývá nastavením konfigurace - **Configuration Settings**. Druhá část se zabývá nastavením zařízení a režimu čtení - **Instrument control**. [14]



*Obr. 4.2 Uživatelské rozhraní aplikace Digital Reader - NI ELVISmx*

### 5.1.1 Nastavení konfigurace (Configuration Settings)

Nastavení konfigurace obsahuje pouze rolovací nabídku **Lines to Read**. Která slouží ke zvolení digitálních vstupů, ze kterých je vyčítána aktuální logická hodnota. [14]

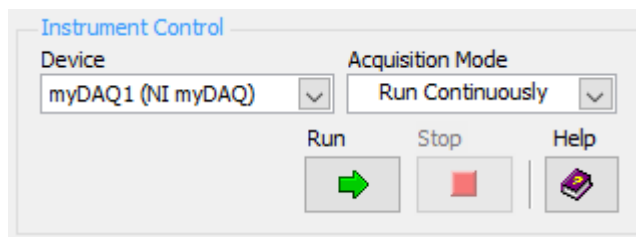


*Obr. 4.3 Nastavení konfigurace*

**Lines to read** je rolovací nabídka, která slouží k volbě digitálních vstupů, ze kterých budou čtena data. Rolovací nabídka obsahuje výběr mezi možnostmi **0-7**, **0-3** a **4-7**. Funkce je zde přítomna, protože nelze na jednom digitálním vstupu/výstupu měřicí karty číst a zapisovat zároveň. Takto si obsluha aplikace zvolí například první polovinu (0-3) ke čtení a ostatní digitální vstupy/výstupy zůstávají nezávisle na této aplikaci dostupné pro jinou aplikaci. **0-7**: Ze všech digitálních vstupů/výstupů se stanou digitální vstupy, které jsou následně použity ke čtení aktuálních logických stavů (0/1). **0-3**: Z prvních čtyř digitálních vstupů/výstupů se stanou digitální vstupy, které jsou poté použity ke čtení logických stavů (0/1). **4-7**: Z posledních čtyř digitálních vstupů/výstupů se stanou digitální vstupy, které jsou dále použity ke čtení logických stavů (0/1). [14]

### 5.1.2 Řízení aplikace (Instrument Control)

Dílčí část aplikace zabývající se výběrem připojeného zařízení a nastavením běhu programu. Tato část aplikace obsahuje rolovací nabídky **Device**, **Acquisition Mode** a tlačítka **Run**, **Stop**, **Help**. [14]



**Obr. 4.4** Nastavení zařízení

**Device** je rolovací nabídka určená ke zvolení HW zařízení, na kterém se budou data číst. Buď funkce sama zařízení rozezná a doplní rolovací nabídku o dostupné zařízení, nebo je zde k výběru možnost Browse, která je už klasickým průzkumníkem v operačním systému k výběru zařízení. [14]

**Acquisition mode** je rolovací nabídka, která slouží ke zvolení režimu programu. Nabídka obsahuje dvě možnosti: Run Continuously a Run Once. Run Continuously: V případě zvolení této možnosti režimu, aplikace kontinuálně měří ze zvolených digitálních vstupů měřicí karty. Měření je prováděno tak dlouho, dokud není zmáčknuto tlačítko Stop. Tato možnost je standardně nastavena. Run Once: V případě zvolení této možnosti režimu, aplikace provede měření pouze jednou. Po měření přečtené digitální hodnoty zůstanou v paměti zobrazeny na indikačních diodách.[14]

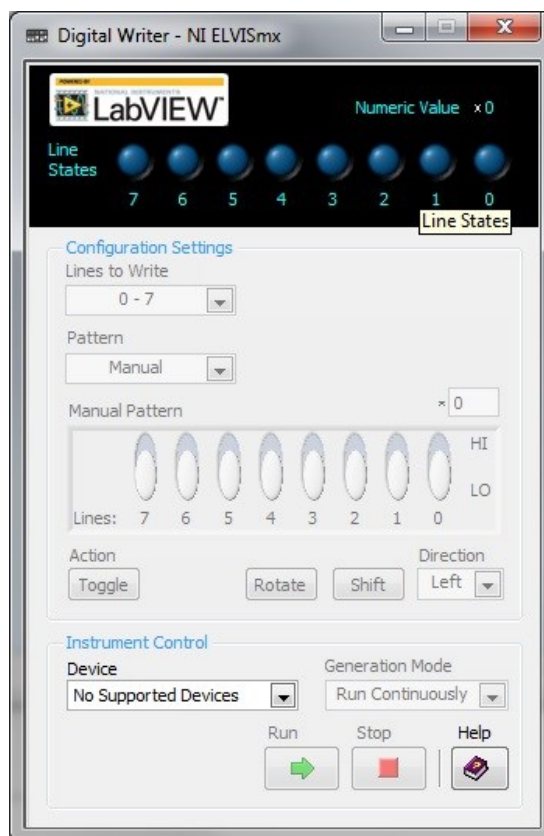
**Run** je tlačítko spouštějící čtení z digitálních vstupů měřicí karty. Tlačítko **Stop** zastaví kontinuální režim čtení. Tlačítko **Help** po rozkliknutí otevře nápovědu k obsluze aplikace Digital Reader – NI ELVISmx v anglickém jazyce.[14]

## 5.2 Zapisovačka na digitální výstupy – NI ELVISmx

Zapisovačka na digitální výstupy zapisuje na zvolené digitální výstupy měřicí karty logické hodnoty (0/1). [15]

Využitím této aplikace může personál jednoduše, z pohodlí počítače, řídit nebo obsluhovat několik zařízení pomocí jednoho softwaru. Navzájem by se Čtečka digitálních vstupů (5.1) a Zapisovačka na digitální výstupy měly doplňovat - čtečka by měla být zpětnou vazbou pro digitální zapisovačku.

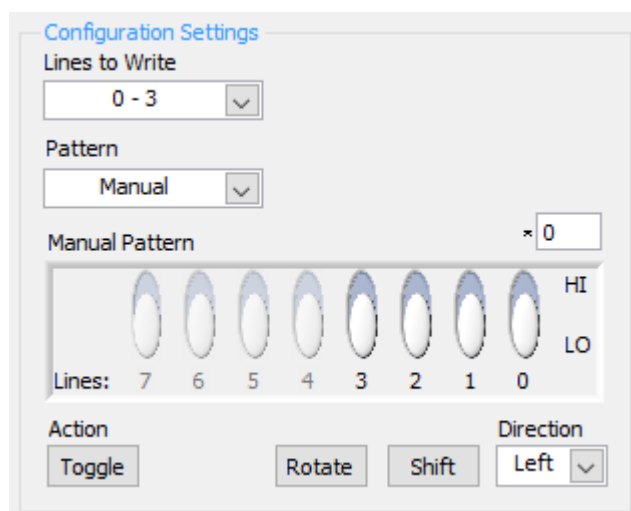
Zapisovačka na digitální výstupy je rozdělena na dvě části. První část se zaměřuje na nastavení konfigurace - **Configuration Settings**. Druhá část je zaměřena na řízení aplikace - **Instrument Control**. [15]



**Obr. 4.5** Uživatelské rozhraní aplikace Digital Writer - NI ELVISmx

### 5.2.1 Nastavení konfigurace (Configuration Settings)

Dílčí část aplikace, která se stará o ovládání výstupních hodnot. Tato část obsahuje rolovací nabídky - **Lines to Write** a **Pattern**. Dále manuální přepínače hodnot výstupů **Manual Pattern**, tlačítka na úpravu aktuálních stavů manuálních tlačítek – **Toggle**, **Rotate**, **Shift** a rolovací nabídku, určující směr jejich vykonávání, **Direction**. [15]



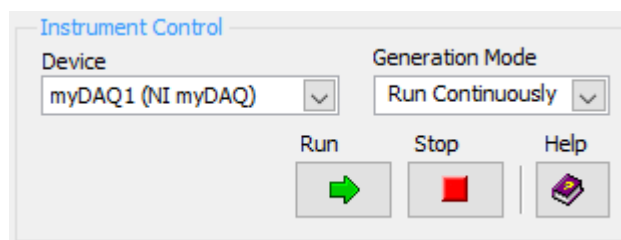
**Obr. 4.6** Nastavení konfigurace

**Lines to write** je rolovací nabídka, která slouží ke zvolení digitálních výstupů, na které budou zapisovány logické hodnoty. Rolovací nabídka obsahuje výběr mezi možnostmi **0-7**, **0-3** a **4-7**. Funkce je zde přítomna protože nelze na jednom digitálním vstupu/výstupu měřicí karty číst a zapisovat zároveň, takto si obsluha aplikace zvolí například první polovinu (0-3) k zápisu a ostatní digitální vstupy/výstupy zůstávají nezávisle k této aplikaci dostupné pro jinou aplikaci. **0-7**: Ze všech digitálních vstupů/výstupů se stanou digitální výstupy, které jsou použity k zápisu logických stavů (0/1). **0-3**: Z prvních čtyř digitálních vstupů/výstupů se stanou digitální vstupy které jsou použity k zápisu logických stavů (0/1). **4-7**: Z posledních čtyř digitálních vstupů/výstupů se stanou digitální vstupy, které jsou použity k zápisu logických stavů (0/1). [15]

**Pattern** je rolovací nabídka několika funkcí, které slouží k úpravě logických hodnot k zápisu. Rolovací nabídka obsahuje čtyři možnosti ovládání výstupních hodnot. Mezi první patří standardní funkce **Manual pattern**, která slouží k manuálnímu ovládání výstupních hodnot digitálních výstupů poté také automatické funkce **Ramp (0 – 15)**, **Alternating 1/0'**, **Walking 1's**, které generují výstupní hodnoty automaticky bez možnosti ovlivnit výstupní hodnoty automaticky. **Manual pattern**: Při zvolení této úpravy hodnot zpřístupní aplikace k ovládání manuální přepínače. Přepínače slouží ke změně stavu (0/1) na výstupu zvolených digitálních výstupů. Volba „Manual pattern“ také zpřístupní funkce **Rotate**, **Shift**, **Direction**, které slouží k obsluze stavů manuálních tlačítek. Tlačítko **Toggle** po zmáčknutí provede negace všech aktuálních stavů manuálních tlačítek. Tlačítko **Rotate** po zmáčknutí provede posunutí všech aktuálních hodnot 1 místo vedle ve směru určeném nabídkou **Direction** - doprava nebo doleva. První a poslední přepínač se berou jako sousedící při této úpravě hodnot. Tlačítko **Shift** podle zvoleného směru provede posunutí všech hodnot do bitu o 1 místo vedle - doprava nebo doleva. Do prvního bitu ve směru **Direction** se po použití funkce vloží konstanta False. Rolovací nabídka **Direction** obsahuje dvě možnosti **Left** a **Right**. Dle zvolené možnosti je určen směr vykonávání funkcí **Rotate** a **Shift**. **Ramp (0 - 15)**: Při zvolení této funkce se na zvoleném rozsahu digitálních výstupů postupně přičítá binární jednička. Na rozsahu digitálních výstupů **0-7** je v desítkové soustavě hodnota výstupu v rozsahu **0-255**. Na rozsahu **0-3** a **4-7** je rozsah hodnoty v desítkové soustavě **0-15**. **Alternating 1/0'**: Problikávání binárních hodnot všech povolených tlačítek. Při rozsahu digitálních výstupů **0-7** je to problikávání mezi dvěma hodnotami **1 0 1 0 1 0 1 0** a **0 1 0 1 0 1 0 1**. Na rozsahu **0-3** a **4-7** to jsou hodnoty **1 0 1 0** a **0 1 0 1**. **Walking 1's**: Dokola posouvající se binární 1 na všech výstupech. (Příklad: 00000001 → 00000010 → 00000100...→...) [15]

### 5.2.2 Řízení aplikace (Instrument Control)

Dílčí část aplikace, zabývající se výběrem připojeného zařízení, režimu zápisu. Tato část aplikace obsahuje ovládací prvky **Device**, **Generation Mode** a tlačítka **Run**, **Stop** a **Help**. [15]



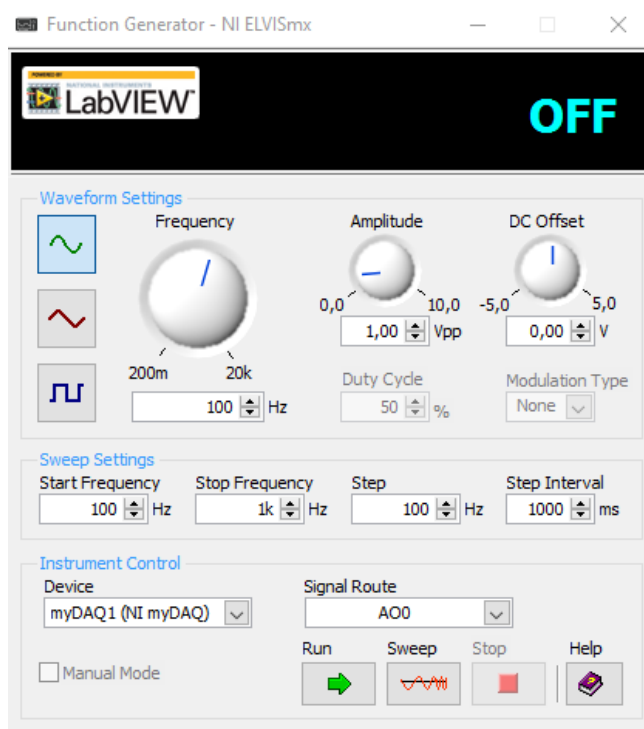
Obr. 4.7 Řízení aplikace

**Device** je rolovací nabídka určená ke zvolení připojeného zařízení. Buď aplikace sama rozezná zařízení a doplní rolovací nabídku o dostupné zařízení, nebo je zde k výběru možnost Browse, která je už klasickým průzkumníkem v operačním systému k výběru zařízení. **Generation mode** je rolovací nabídka dvou možností - **Run Continuously** a **Run Once**. Zvolená možnost určuje režim zápisu na digitální výstupy měřicí karty. **Run continuously**: zapisování na zvolené digitální výstupy probíhá kontinuálně a zastaví se pouze ukončením aplikace, nebo zmáčknutí tlačítka stop. **Run Once**: zapisování na zvolené digitální výstupy proběhne po spuštění jednou, poté se program ukončí a na digitálních výstupech zůstanou zapsané hodnoty.[15]

**Run** je tlačítko spouštějící generování signálu na digitální výstupy měřicí karty. Tlačítko **Stop** zastaví kontinuální režim generování signálu. Tlačítko **Help** po rozkliknutí otevře nápovědu k obsluze aplikace Digital Writer – NI ELVISmx v anglickém jazyce.[15]

### 5.3 Funkční generátor – NI ELVISmx

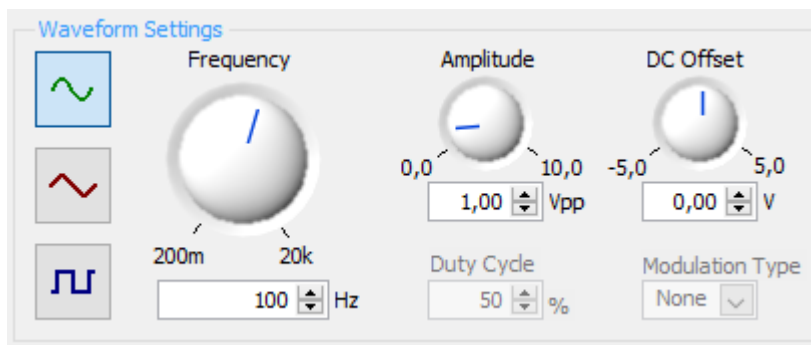
Funkční generátor je aplikace, která generuje na zvolený analogový výstup signál o zvoleném tvaru, amplitudě, frekvenci a dalších parametrech. Nastavení parametrů generátoru je rozděleno do tří dílčích částí - **Waveform settings**, **Sweep Settings**, **Instrument Control**. [16]



*Obr. 4.8 Uživatelské rozhraní aplikace Function Generator - NI ELVISmx*

#### 5.3.1 Nastavení průběhu (Waveform Settings)

Dílčí část **Waveform settings** neboli **nastavení průběhu**, se stará o nastavení parametrů průběhu. Nastavuje se zde frekvence - **Frequency**, amplituda - **Amplitude**, stejnosměrná složka - **DC Offset**, tvar signálu a střída obdélníkového signálu - **Duty Cycle**. [16]



**Obr. 4.9** Nastavení průběhu výstupního analogového signálu.

**Výběr tvaru signálu** obsahuje tři možné tvary signálu, který bude generován na analogový výstup. Je na výběr **sinusový** průběh, **trojúhelníkový** průběh a **obdélníkový** průběh. [16]

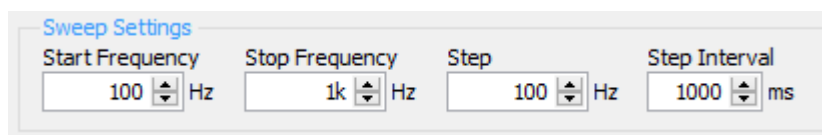


**Obr. 4.10** Výběr ze tří průběhů signálu

Otočný ovládací prvek **Frequency**, má minimální hodnotu 200mHz a maximální hodnotu 20kHz. Je přidán také doplňkový digitální volič frekvence, do kterého lze navíc zapisovat konkrétní hodnoty numericky. Aktuální frekvence je také zobrazována na digitálním ukazateli v horní části aplikace. Otočný ovládací prvek **Amplitude**, je udáván v jednotce volt a udává hodnotu napětí od nejvyšší hodnoty po nejnižší hodnotu generovaného signálu, tzv. od špičky k špičce. Rozsah napětí je minimálně 0V a maximálně 10V. Ovládací prvek je také doplněn o digitální volič amplitudy, do kterého lze zároveň zapisovat konkrétní hodnoty numericky. Otočný ovládací prvek **DC Offset** udává hodnotu přidavné stejnosměrné složky signálu, jeho hodnota může nabývat minimální hodnoty -5V a maximální hodnoty 5V. Je doplněn o digitální volič stejnosměrné složky, do kterého rovněž zapisovat konkrétní hodnoty numericky. Digitální numerický prvek **Duty Cycle** určuje střidu obdélníkového signálu, tento otočný ovládací prvek je povolen k editaci pouze při zvoleném obdélníkovém průběhu.[16]

### 5.3.2 Nastavení proměnného průběhu (Sweep Settings)

Dílčí část aplikace **Sweep Settings** se stará o nastavení proměnného průběhu, který generuje zvolený tvar signálu o zvolené startovací frekvenci - **Start Frequency**. Každý zvolený časový interval - **Step Interval** se k aktuální frekvenci přičte zvolený krok – **Step**, až do konečné zvolené frekvence - **Stop Frequency**. Tento mód se spouští pomocí tlačítka **Sweep**. [16]



**Obr. 4.11** Dílčí část - Sweep Settings

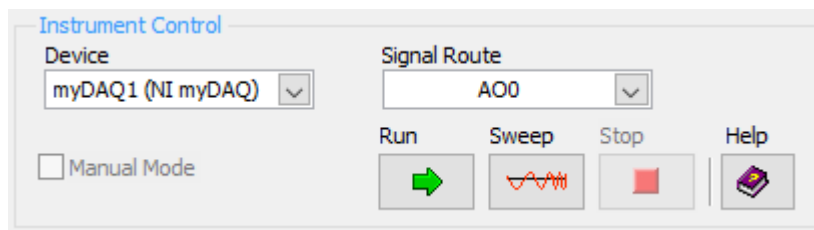
Digitální numerický prvek **Start Frequency** určuje frekvenci, od které bude posloupnost začínat. Výsledná hodnota je v jednotkách Hz. Digitální numerický prvek **Stop Frequency** určuje koncovou hodnotu frekvence, do které bude posloupnost trvat. Digitální numerický prvek **Step** Je digitální volič frekvence, jehož hodnota je v jednotce Hz. Digitální numerický prvek **Step Interval** Je



digitální volič frekvence, jehož hodnota je v jednotce ms. Určuje časový interval, jak často se bude k aktuální frekvenci přičítat krok. Do všech Digitální numerických prvků je možnost zapisovat i konkrétní numerickou hodnotu.[16]

### 5.3.3 Řízení aplikace (Instrument Control)

Dílčí část aplikace zabývající se výběrem připojeného zařízení a nastavením běhu programu. Tato část aplikace obsahuje ovládací prvky **Device**, **Signal Route** a tlačítka **Run**, **Sweep**, **Stop**, **Help**. [16]



**Obr. 4.12** Část aplikace zabývající se nastavením zařízení.

**Device** je rolovací nabídka určená ke zvolení připojeného HW zařízení. Buď aplikace sama rozezná zařízení a doplní rolovací nabídku o dostupné zařízení, nebo je zde k výběru možnost Browse, která je už klasickým průzkumníkem v operačním systému k výběru zařízení. **Signal Route** je rolovací nabídka, která nabídne všechny dostupné analogové výstupy zvoleného zařízení. [16]

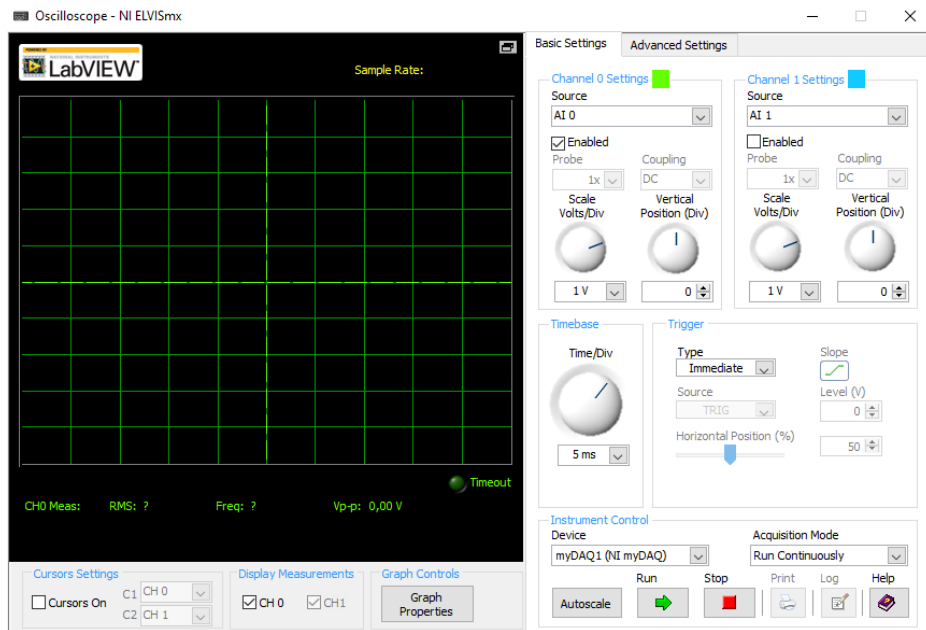
Tlačítko **Run** Při zmáčknutí spustí generování signálu na výstup. Tlačítko **Stop** zastaví jakékoliv generování signálu na výstup. Tlačítko **Sweep** začne generování posloupného průběhu na analogový výstup, po uplynulé sekvenci se generování signálu automaticky ukončí. [16]

## 5.4 Osciloskop – NI ELVISmx

Osciloskop je aplikace, která je schopna analyzovat a zobrazit signál z analogových vstupů měřicí karty. Aplikace obsahuje mnoho funkcí jak zobrazení signálu v grafu upravit. Mezi funkce patří například upravení časové základny osciloskopu, vertikální posunutí průběhu, upravení vertikálního měřítka a také tzv. Trigger, který detekuje požadovanou hladinu signálu. [17]

Aplikace se rozděluje na několik dílčích částí – **Channel 0 settings**, **Channel 1 Settings**, **Timebase**, **Trigger**, **Instrument Control**, **Cursor Settings**, **Display Measurements**, **Graph Controls**. [17]

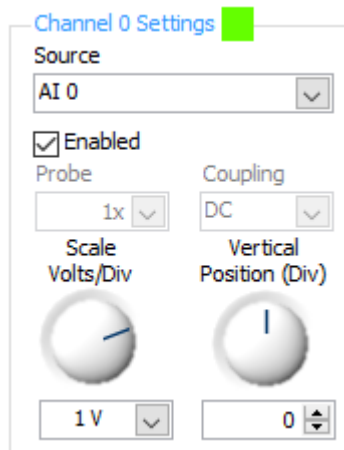




*Obr. 4.13 Uživatelské rozhraní aplikace Oscilloscope – NI ELVISmx*

#### 5.4.1 Nastavení kanálu 0 (Channel 0 Settings)

Část aplikace Channel 0 Settings se zabývá nastavením parametrů pro kanál 0. Nastavení zahrnuje parametry jako výběr analogového vstupu - **Source**, povolení kanálu 0 - **Channel enable**, **Probe**, nastavení úpravy signálu - **Coupling**, vertikální měřítko signálu - **Scale Volts/Div** a vertikální posuv signálu - **Vertical Position (Div)**. [17]



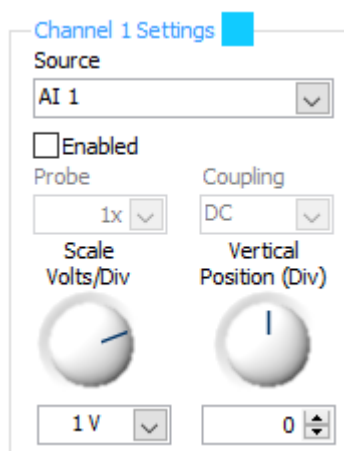
*Obr. 4.14 Část aplikace zabývající se nastavením kanálu 0.*

**Source** je rolovací nabídka analogových vstupů. Obsahuje analogové vstupy, které připojené zařízení podporuje. Zvolený analogový vstup bude zobrazen v grafu jako kanál 0. **Channel Enable** je zaškrtnutí políčko, které slouží k povolení kanálu 0. Zaškrtnutí/odškrtnutí má vliv na zobrazení/skrytí signálu v grafu a zobrazení/skrytí vypočtených okamžitých hodnot signálu. **Coupling** je rolovací nabídka dvou možností nastavení měření signálu. Tato úprava je realizována v SW. Nabídka obsahuje možnosti **AC** nebo **DC**. **Coupling – AC**: Odstraní stejnosměrnou složku signálu a zobrazí pouze střídavou složku. Tato možnost je zvolena vždy když je zvolen audio vstup měřicí karty. **Coupling –**

**DC:** Měří celý signál bez úpravy. Tato možnost je zvolena vždy, pouze pro analogové vstupy AI měřicí karty. **Scale Volts/Div** je otočný ovládací prvek, který nastavuje vertikální měřítko kanálu 0 v jednotkách V/dílek. Standardní nastavení je 1 V/dílek. Maximální hodnota ovládacího prvku je 5V/dílek, minimální hodnota je 10mV/dílek. **Vertical Position (Div)** je otočný ovládací prvek, který funguje jako vertikální posuvník průběhu kanálu 0. Maximální hodnota ovládacího prvku je 5 dílků, minimální hodnota je -5 dílků. Ovládací prvek je v jednotce „dílek“. [17]

#### 5.4.2 Nastavení kanálu 1 (Channel 1 Settings)

Část aplikace Channel 1 Settings se zabývá nastavením parametrů pro kanál 1. Nastavení zahrnuje parametry jako výběr analogového vstupu - **Source**, povolení kanálu 1 - **Channel enable**, **Probe**, nastavení úpravy signálu - **Coupling**, vertikální měřítko signálu - **Scale Volts/Div** a vertikální posuv signálu - **Vertical Position (Div)**. [17]



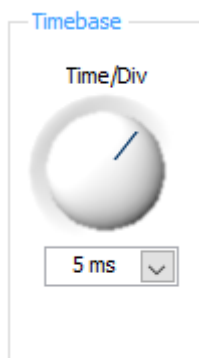
*Obr. 4.15 Část aplikace zabývající se nastavením kanálu 1*

**Source** je rolovací nabídka analogových vstupů. Obsahuje analogové vstupy, které připojené zařízení podporuje. Zvolený analogový vstup bude zobrazen v grafu jako kanál 0. **Channel Enable** je zaškrtnutí políčko, které slouží k povolení kanálu 0. Zaškrtnutí/odškrtnutí má vliv na zobrazení/skrytí signálu v grafu a zobrazení/skrytí vypočtených okamžitých hodnot signálu. **Coupling** je rolovací nabídka dvou možností nastavení měření signálu. Tato úprava je realizována v SW. Nabídka obsahuje možnosti **AC** nebo **DC**. **Coupling – AC:** Odstraní stejnosměrnou složku signálu a zobrazí pouze střídavou složku. Tato možnost je zvolena vždy, když je zvolen audio vstup měřicí karty. **Coupling - DC:** Měří celý signál bez úpravy. Tato možnost je zvolena vždy pouze pro analogové vstupy AI měřicí karty. **Scale Volts/Div** je otočný ovládací prvek, který nastavuje vertikální měřítko kanálu 0 v jednotkách V/dílek. Standardní nastavení je 1 V/dílek. Maximální hodnota ovládacího prvku je 5V/dílek, minimální hodnota je 10mV/dílek. **Vertical Position (Div)** je otočný ovládací prvek, který funguje jako vertikální posuvník průběhu kanálu 0. Maximální hodnota ovládacího prvku je 5 dílků, minimální hodnota je -5 dílků. Ovládací prvek je v jednotce „dílek“. [17]

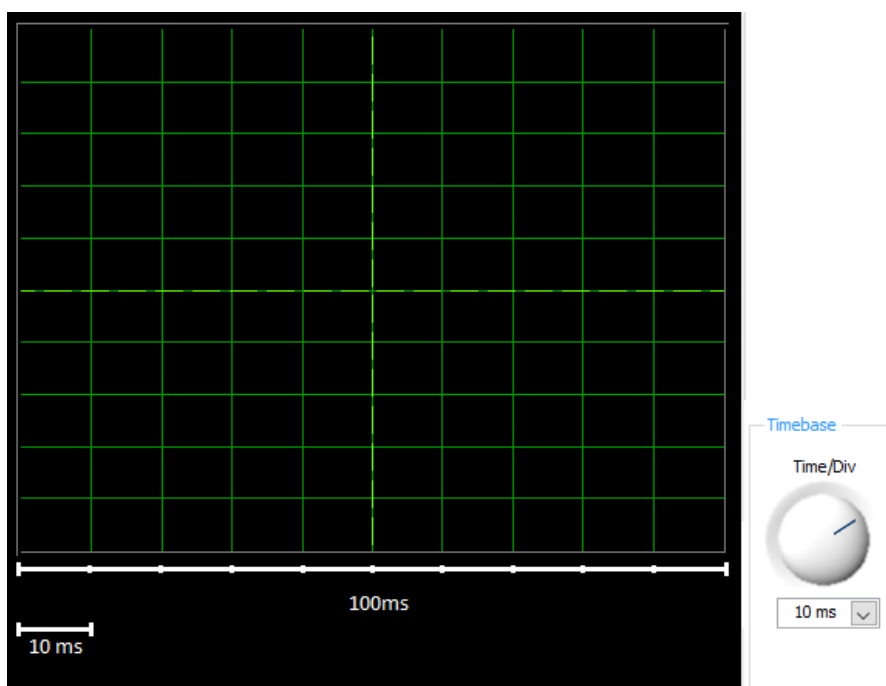
#### 5.4.3 Časová základna (Timebase)

Dílčí část aplikace s názvem „Timebase“ obsahuje jeden otočný ovládací prvek na bázi enumerátoru. Hodnoty enumerátoru jsou vždy v časové jednotce a na výběr je z 5us, 10us, 20us, 50us,

100us, 200us, 500us, 1ms, 2ms, 5ms, 10ms, 20ms, 50ms, 100ms a 200ms. Výstupní hodnota udává zvolenou časovou hodnotu na dílek a tato hodnota ovládá časovou základnu osciloskopu. [17]



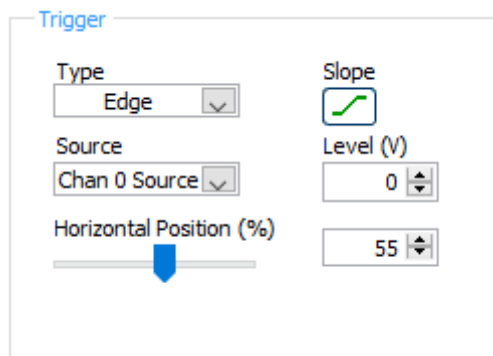
*Obr. 4.16 Otočný ovládací prvek, sloužící k nastavení časové základny.*



*Obr. 4.17 Demonstrace principu funkčnosti časové základny grafu při nastavení 10ms/dílek*

#### 5.4.4 Trigger

Dílčí část aplikace starající se o nastavení tzv. Triggeru. Základním ovládacím prvkem od kterého se odvíjí vše ostatní, je první rolovací nabídka **Type**. V nabídce **Type** se nachází možnost **Immediate**, **Digital** a **Edge**. Každá možnost má jiné funkce, které jsou níže popsány. Mimo ovládací prvek **Type** se zde také nachází prvky: **Source**, **Slope**, **Level (V)** a **Horizontal Position (%)**. [17]



**Obr. 4.18** Část aplikace, která se zabývá nastavením Triggeru.

**Type** je rolovací nabídka tří možností – **Immediate**, **Digital** a **Edge**. **Type – Immediate:** Při zvolení standardní možnosti **Immediate** je zobrazovaný signál vykreslován do grafu tak, jak byl změřen. Při zvolené možnosti Immediate jsou všechny ostatní zadavače v oblasti „Trigger“ zašedlé a zakázány pro editaci. **Type – Digital:** Možnost **Digital** slouží k detekování náběžné nebo sestupné hrany digitálního signálu. V případě zvolení možnosti Digital aplikace zpřístupní ostatní zadavače v oblasti „Trigger“, kromě zadavače „Level (V)“ a do rolovací nabídky „Source“ automaticky zapíše možnost „TRIG“. Možnost Digital není kompatibilní se zařízením NI myDAQ. Při detekování Triggeru je zobrazen kurzor, který je automaticky nastaven na bod průchodu. **Type – Edge:** Možnost **Edge** slouží k detekování průchodu signálu přes zadanou hranu (sestupnou nebo vzestupnou), vertikální hladinu „Level“ zadanou v jednotce Volt a horizontální pozici v procentech. Při detekování Triggeru je automaticky zobrazen kurzor ukazující na místo průchodu signálu zadanými parametry. Pokud není detekován průchod signálu, rozsvítí se kontrolka „Timeout“. [17]

**Slope** je ovládací prvek dvou možností detekování hran - detekování vzestupné nebo sestupné hrany. Při zvolení detekování sestupné hrany je zachycen signál v místě jeho poklesu amplitudy. Při zvolení detekování vzestupné hrany je zachycen signál v místě kde amplituda stoupá. [17]

**Source** je rolovací nabídka čtyř možností – **Chan 0 Source**, **Chan 1 Source**, **TRIG**, **SYNC**. Zvolená hodnota nabídky určuje zdroj triggeru. **Source - Chan 0 Source:** Při zvolené možnosti Chan 0 Source se bude zvolený Trigger realizovat na naměřeném signálu kanálu 0. Tuto možnost lze zvolit pouze při typu Triggeru „Edge“. **Source - Chan 1 Source:** Při zvolené možnosti Chan 1 Source se bude zvolený Trigger realizovat na naměřeném signálu kanálu 1. Tuto možnost lze zvolit pouze při typu Triggeru „Edge“. **Source - TRIG:** Při zvolené možnosti TRIG je zdrojem vstup TRIG zařízení NI ELVIS II. Zařízení NI myDAQ není kompatibilní s tímto zdrojem. **Source - SYNC:** Při zvolené možnosti SYNC je zdrojem výstup SYNC zařízení NI ELVIS II. Tato možnost je povolena pouze v případě, že je vybrán typ Triggeru „Digital“. [17]

**Level (V)** je digitální numerický prvek vertikální hladiny požadovaného průchodu signálu. Standardní nastavení je 0 v jednotce Volt. Tento zadavač je povolen k editaci pouze v případě že typ Triggeru je „Edge“. [17]

**Horizontal Position** je posuvníkový zadavač doplněn o digitální numerický zadavač, který specifikuje horizontální pozici požadovaného průchodu signálu. Standardní nastavení je 50% z rozsahu celé časové základny grafu. Minimální hodnota zadavače je 0% - při této hodnotě je bod průchodu zadanou hladinou zobrazen zcela nalevo grafu, v nulové hodnotě času. Maximální hodnota zadavače je

100% - při této hodnotě je bod průchodu zadanou hladinou zcela vpravo grafu, v maximální hodnotě času. [17]

#### 5.4.5 Řízení aplikace (Instrument Control)

Dílčí část aplikace, zabývající se ovládáním aplikace. Tato část aplikace obsahuje ovládací prvky **Device**, **Acquisition Mode** a tlačítka **Autoscale**, **Run**, **Stop**, **Print**, **Log**, **Help**. [17]



**Obr. 4.19** Část aplikace, která se zabývá nastavením zařízení a chodu programu.

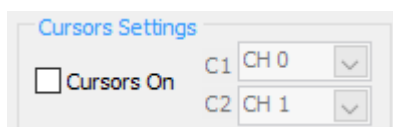
**Device** je rolovací nabídka, která slouží ke zvolení připojeného přístroje, se kterým bude prováděna analýza signálu. Nabídka obsahuje všechny připojené zařízení k PC včetně simulovaných zařízení. Mezi možnostmi se také nachází možnost „Browse“, která funguje jako klasický průzkumník v operačním systému pro manuální výběr zařízení. [17]

**Acquisition Mode** je rolovací nabídka, která slouží ke zvolení režimu programu. Nabídka obsahuje dvě možnosti: **Run Continuously** a **Run Once**. **Acquisition Mode - Run Continuously:** V případě zvolení této možnosti režimu běhu aplikace, aplikace kontinuálně měří ze zvolených analogových vstupů měřicí karty. Měření je prováděno tak dlouho, dokud není zmáčknuto tlačítko **Stop**. Tato možnost je standardně nastavena. **Acquisition Mode - Run Once:** V případě zvolení této možnosti režimu běhu aplikace, aplikace provede měření pouze jednou, po měření dojde k vykreslení na graf a poté se měření ukončí. [17]

**Autoscale** je tlačítko, které slouží k automatickému doporučenému nastavení povolených kanálů. Nastavení upraví ovládací prvky **Scale Volts/Div**, **Vertical Position (Div)** a **Timebase**. Tlačítko **Run** slouží ke spuštění měření. Tlačítko **Stop** ukončuje měření při zvoleném režimu měření (Acquisition Mode) **Run Continuously**. Tlačítko **Print**, slouží k vytisknutí momentálního nastavení uživatelského rozhraní aplikace. Tlačítko **Log** slouží k zadání jména textového souboru a umístění textového souboru v operačním systému. Pokud je jméno a umístění zadáno, po skončení měření osciloskopem se vytvoří textový soubor se všemi vzorky signálu, které byly naměřeny. Pokud jméno textového souboru není zadáno, textový soubor se nevytvoří. Tlačítko **Help** otevře nápovědu k obsluze aplikace Oscilloscope – NI ELVISmx v anglickém jazyce. [17]

#### 5.4.6 Nastavení kurzorů (Cursor Settings)

Dílčí část aplikace, která obsahuje tři ovládací prvky: **Cursors On**, **C1** a **C2**. Jedná se o část aplikace, která se stará o nastavení volných kurzorů grafu. [17]

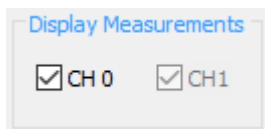


**Obr. 4.20** Nastavení volných kurzorů.

Cursors On je zaškrťovací pole, které slouží k zobrazení/skrytí volných kurzorů **C1** a **C2**. Pokud je toto pole zaškrtnuto, dojde k zobrazení obou kurzorů a jejich aktuálních hodnot pod grafem. Rolovací nabídky **C1** a **C2** určují k jakému kanálu bude daný kurzor asociován. Nabídky obsahují dvě možnosti **CH 0** a **CH 1**. **C1/C2 - CH 0** : Daný kurzor bude asociován ke kanálu 0. **C1/C2 - CH 1** : Daný kurzor bude asociován ke kanálu 1. [17]

#### 5.4.7 Zobrazení parametrů průběhů (Display Measurements)

Dílčí část aplikace, která obsahuje dvě zaškrťovací pole: **CH 0** a **CH 1**. Jedná se o část aplikace, která slouží k skrytí/zobrazení měřených hodnot signálů. [17]

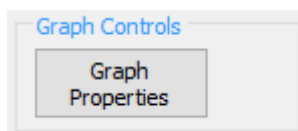


*Obr. 4.21 Nastavení viditelnosti parametrů průběhů.*

**CH 0** je zaškrťovací pole sloužící k zobrazení/skrytí vypočtených parametrů kanálu 0 pod grafem. Mezi vypočtené parametry patří **RMS** hodnota, **Frekvence** a hodnota **Vp-p**. **CH 1** je zaškrťovací pole sloužící k zobrazení/skrytí vypočtených parametrů kanálu 1 pod grafem. Mezi vypočtené parametry patří **RMS** hodnota, **Frekvence** a hodnota **Vp-p**. [17]

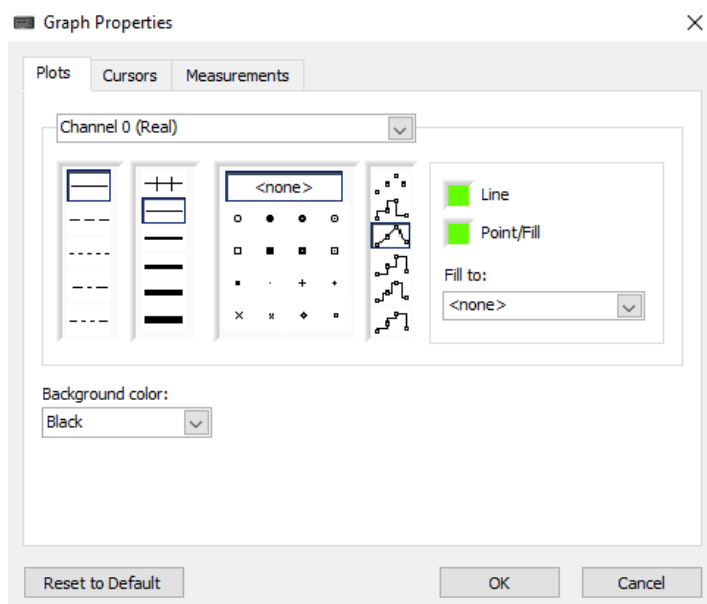
#### 5.4.8 Nastavení grafu (Graph Controls)

Tato část aplikace se zabývá nastavením vlastností grafu. Obsahuje jedno tlačítko „Graph Properties“. Po zmáčknutí tlačítka se zobrazí nové okno, které obsahuje tři záložky – **Plots**, **Cursors**, **Measurements**. [17]



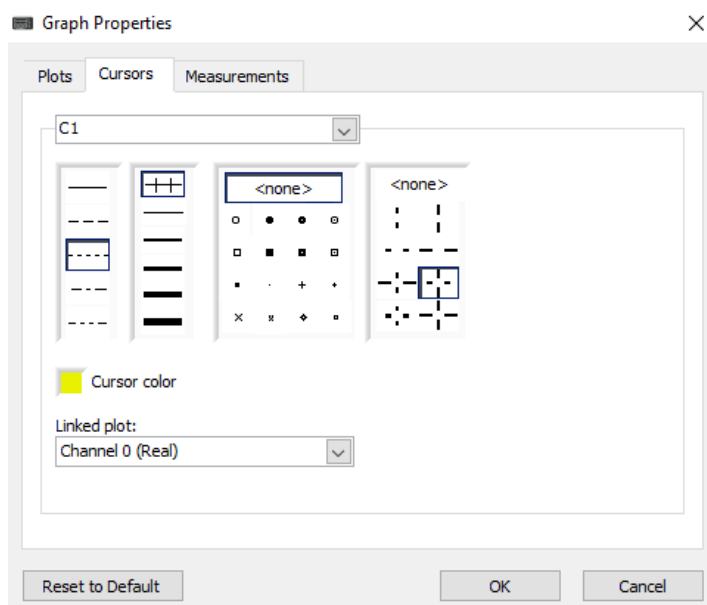
*Obr. 4.22 Tlačítko pro nastavení vlastností grafu.*

Záložka **Plots** obsahuje nastavení zobrazení průběhů kanálu 0 a kanálu 1. Nastavení zahrnuje: styl čáry, tloušťku čáry, nastavení stylu bodů průběhu, interpolaci průběhu, barvu čáry, barvu bodů, barvu pozadí grafu a nastavení vyplnění prostoru nad nebo pod průběhem zvoleného kanálu. [17]



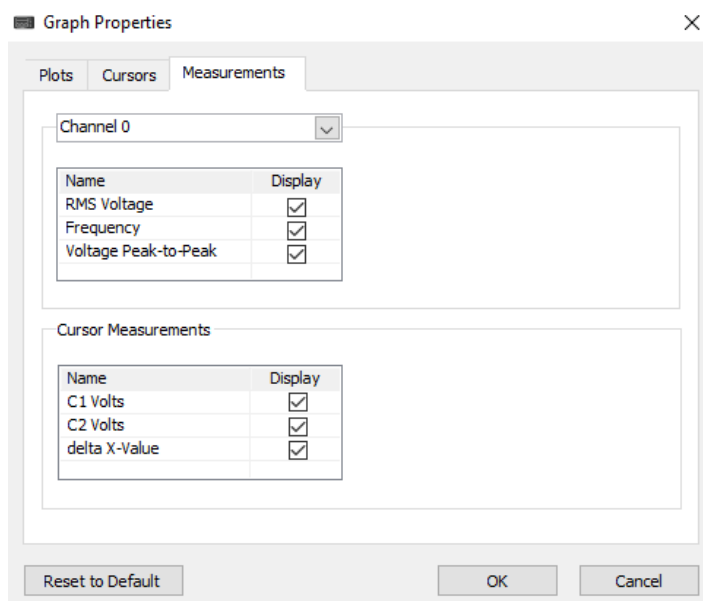
**Obr. 4.23** Nastavení vlastností grafu – záložka *plots*.

Záložka **Cursors** obsahuje nastavení volných kurzorů. C1 a C2. Nastavení zahrnuje: Styl čáry, tloušťku čáry, styl bodů čáry, styl kurzoru, barvu kurzoru a přiřazení kurzoru ke kanálu. [17]



**Obr. 4.24** Nastavení vlastností grafu – záložka *Cursors*

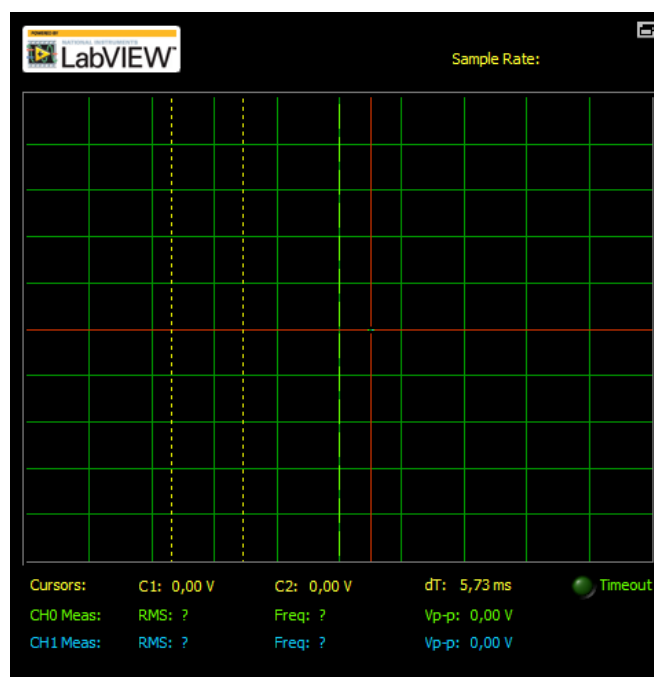
Záložka **Measurements** obsahuje nastavení viditelnosti jednotlivých parametrů průběhů z kanálů 0/1 a hodnoty kurzorů. Nastavení zahrnuje editaci viditelnosti okamžitých hodnot kanálu 0/1 a kurzorů C1 a C2. [17]



**Obr. 4.25** Nastavení vlastností grafu – záložka Measurements

#### 5.4.9 Graf

Grafická část aplikace, která slouží k zobrazení kanálu 0 a 1. Tato dílčí část se skládá z numerických indikátorů **Sample Rate**, **Cursors**, **CH0 Meas**, **CH1 Meas**, **Graph** a indikační diody **Timeout**. [17]



**Obr. 4.26** Graf

Grafický zobrazovací prvek **graf** je stěžejním grafickým prvkem osciloskopu. Slouží k vykreslení povolených kanálů a k zobrazení kurzorů. Graf obsahuje maximálně 6 kurzorů a maximálně 2 průběhy signálu k zobrazení. [17]



**Timeout** je signalizační dioda, sloužící k signalizaci v případě, že je osciloskop v režimu trigger. Pokud je osciloskop v triggerovacím režimu, dioda se rozsvítí v případě, že signál neprochází danou hladinou triggeru. Pokud byl průchod hladinou nalezen a zatriggovaný signál vykreslen, dioda zůstane zhaslá. [17]

**Sample Rate** je grafický numerický indikátor aktuální vzorkovací frekvence multifunkční měřicí karty. Na daném rozsahu časové základny se pohybuje vzorkovací frekvence od 200kS/s do 2kS/s. Jednotka je v počtu naměřených vzorků za 1 sekundu. [17]

**Tab. 4.1** Tabulka závislosti vzorkovací frekvence na zvolené hodnotě časové základny.

Časová základna (Timebase)	Vzorkovací frekvence (Sample rate)
5 us	200 kS/s
10 us	200 kS/s
20 us	200 kS/s
50 us	200 kS/s
100 us	200 kS/s
200 us	200 kS/s
500 us	200 kS/s
1 ms	200 kS/s
2 ms	125 kS/s
5 ms	50 kS/s
10 ms	25 kS/s
20 ms	12,5 kS/s
50 ms	5kS/s
100 ms	2,5 kS/s
200 ms	2 kS/s

**Cursors** je skupina tří numerických indikátorů aktuálních hodnot kurzorů. Skupina prvků se skládá z **C1**, **C2** a **dT**. Celá skupina je zobrazena pouze pokud je zaškrtnuta nabídka **Cursors On** a zároveň je v **Graph Properties** nastaveno zobrazení těchto hodnot. **C1** je numerický indikační prvek, který zobrazuje okamžitou hodnotu napětí v místě, kde se kurzor **C1** nachází. **C2** je numerický indikační prvek, který zobrazuje okamžitou hodnotu napětí v místě, kde se kurzor **C2** nachází. Numerický indikační prvek **dT** zobrazuje absolutní vzájemnou vzdálenost kurzorů **C1** a **C2** v jednotce času. [17]

**CH0 Meas** je skupina tří numerických indikátorů, aktuálních hodnot **kanálu 0**. Skupina prvků se skládá z: **RMS**, **Freq** a **Vp-p**. Skupina indikátorů je zobrazena pokud je povolena v nabídce Graph Properties a zároveň je zaškrtnuto pole **CH 0** v části **Display Measurements** a je povolen kanál 0 zaškrtnutím nabídky **Enabled** v části **Channel 0 Settings**. **RMS** je numerický indikátor efektivní

hodnoty měřeného signálu kanálu 0 v jednotkách Volt. **Freq** je numerický indikátor frekvence měřeného signálu kanálu 0 v jednotkách Hertz. **Vp-p** je numerický indikátor napětí špička-špička signálu kanálu 0 v jednotkách Volt. [17]

**CH1 Meas** je skupina tří numerických indikátorů, aktuálních hodnot **kanálu 1**. Skupina prvků se skládá z: **RMS**, **Freq** a **Vp-p**. Skupina indikátorů je zobrazena pokud je povolena v nabídce Graph Properties a zároveň je zaškrtnuto pole **CH 1** v části **Display Measurements** a je povolen kanál 1 zaškrtnutím nabídky **Enabled** v části **Channel 1 Settings**. **RMS** je numerický indikátor efektivní hodnoty měřeného signálu kanálu 1 v jednotkách Volt. **Freq** je numerický indikátor frekvence měřeného signálu kanálu 1 v jednotkách Hertz. **Vp-p** je numerický indikátor napětí špička-špička signálu kanálu 1 v jednotkách Volt. [17]

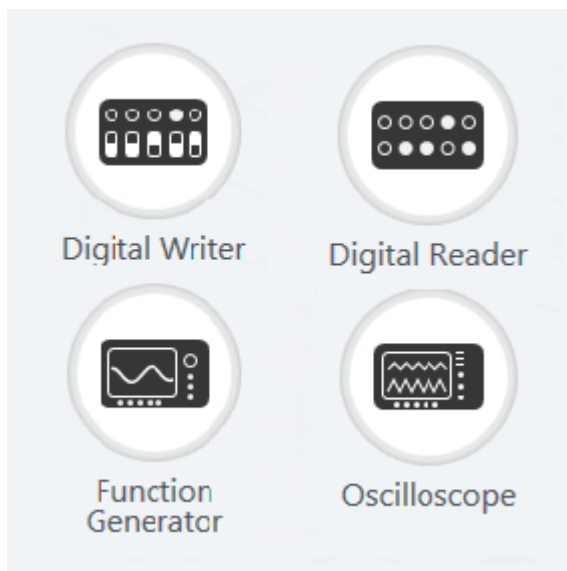
## 6 Vytvořený software

Výše uvedený detailní popis SW byl věnován již vyvinutým aplikacím ze sady nástrojů NI ELVISmx Instrument Launcher. Tyto již vyvinuté aplikace jsou ve formátu EXE, tudíž jsou nemodifikovatelné.

Následující popis se týká aplikací vytvořených v rámci této bakalářské práce. Vytvořeno je celkem 5 aplikací: Menu, Čtečka digitálních vstupů, Zapisovačka na digitální výstupy, Funkční generátor a Osciloskop. Tyto aplikace jsou dostupné ve zdrojových kódech, jsou tedy modifikovatelné a použitelné v podstatě s jakoukoliv měřicí kartou NI.

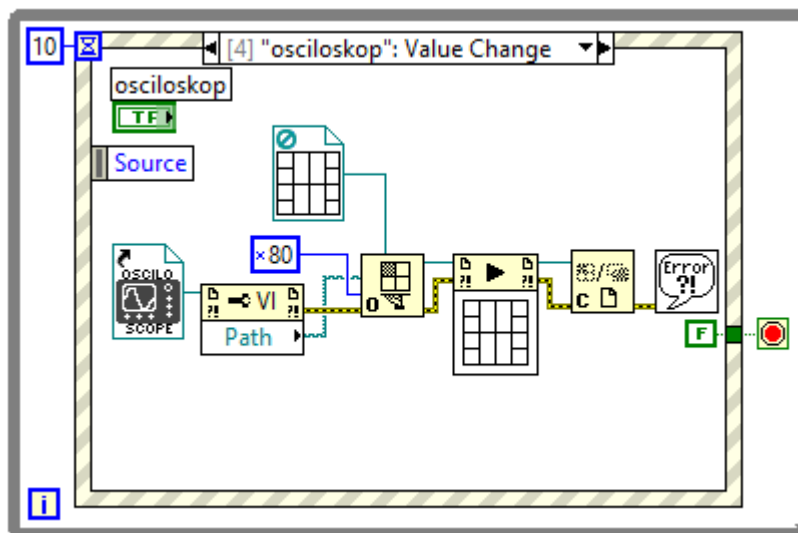
### 6.1 Menu

Aplikace menu je rozcestníkem pro všechny vytvořené aplikace. Pro volání jednotlivých programů je použito asynchronní volání. Asynchronní volání má výhodu v tom, že umožňuje zavolat najednou nespočet různých aplikací tak, že mohou být paralelně spuštěny zároveň. Například je možno spustit Funkční generátor a Osciloskop zároveň.



*Obr. 5.1 Čelní panel aplikace Menu [13]*

### 6.1.1 Blokový diagram

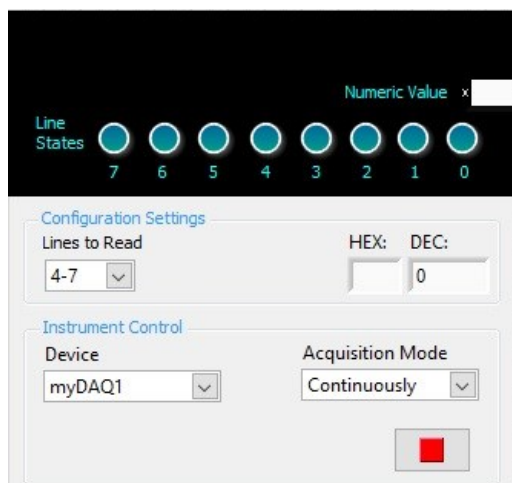


Obr. 5.2 Kód pro asynchronní volání aplikace Osciloskop.

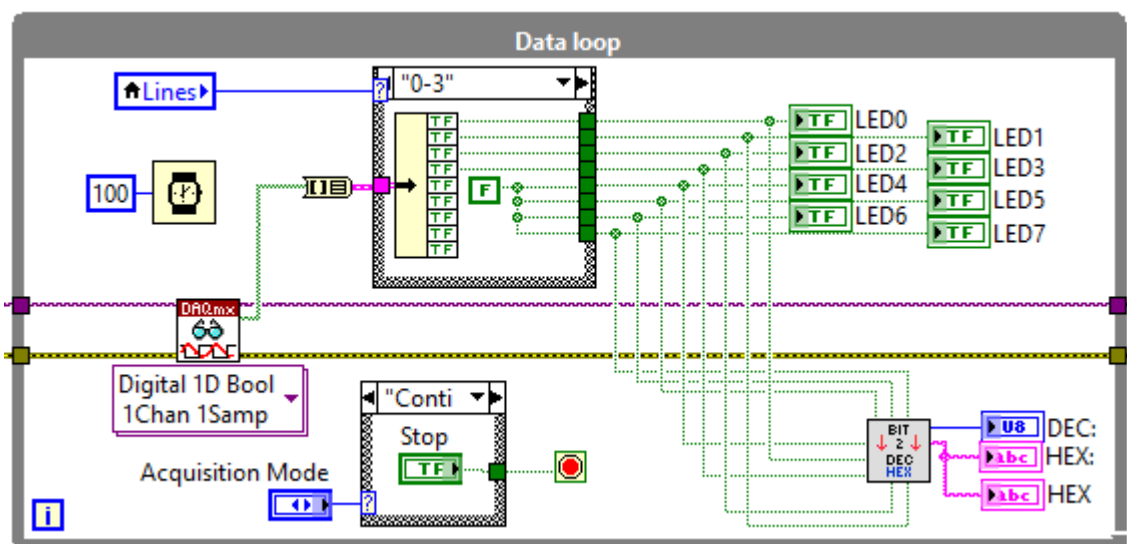
Asynchronní volání je provedeno pomocí událostní struktury. Občerstvovací perioda událostní struktury je nastavena na 50ms. V událostní struktuře se nachází celkem 5 událostí. **Událost [0] Timeout:** Tato událost je prováděna pokud zrovna není zaznamenána žádná jiná událost. **Událost [1] „generator“:** Pokud dojde ke změně hodnoty tlačítka generator, provede se kód obsažený v této struktuře. Kód zajišťuje asynchronní zavolání aplikace Funkční generátor(6.4). **Událost [2] „zapisovacka“:** Pokud dojde ke změně hodnoty tlačítka zapisovacka, provede se kód obsažený v této struktuře. Kód zajišťuje asynchronní zavolání aplikace Zapisovacka na digitální výstupy (6.3). **Událost [3] „osciloskop“:** Pokud dojde ke změně hodnoty tlačítka osciloskop, provede se kód obsažený v této struktuře. Kód zajišťuje asynchronní zavolání aplikace Osciloskop (6.5). **Událost [4] „ctecka“:** Pokud dojde ke změně hodnoty tlačítka ctecka, provede se kód obsažený v této struktuře. Kód zajišťuje asynchronní zavolání aplikace Čtečka digitalnich vstupů (6.2).

## 6.2 Čtečka digitálních vstupů

Aplikace Čtečka digitálních vstupů je rozdělena na tři dílčí části. První část aplikace se zabývá počátečním nastavením a provede se pouze jednou při spuštění. Druhá část aplikace se zabývá čtením dat ze vstupů měřicí karty a jejich zobrazením. Třetí část se zabývá ukončením aplikace.

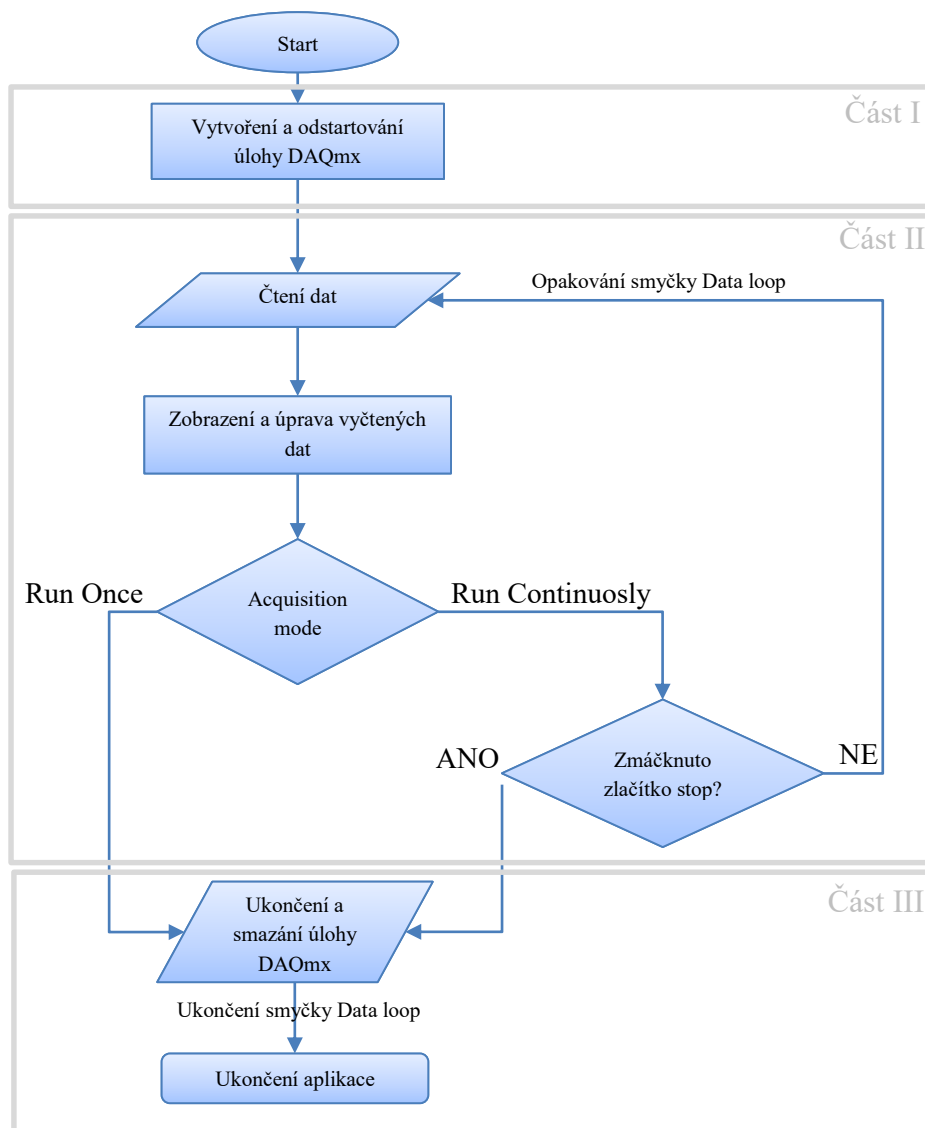


Obr. 5.3 Uživatelské rozhraní aplikace Čtečka digitálních vstupů



Obr. 5.4 Kód hlavní části programu - smyčka WHILE – Data loop

### 6.2.1 Popis implementované funkce a vývojový diagram



**Obr. 5.5** Vývojový diagram aplikace Čtečka digitálních vstupů

**Část I:** První část aplikace se nachází před vykonáváním hlavní smyčky WHILE – Data loop. V této části aplikace je zjištěn seznam všech připojených zařízení a zapisuje se do rolovací nabídky device. Vybrané zařízení a vybrané terminály ze kterých bude prováděno čtení digitálních vstupů jsou potřebné k vytvoření kanálu DAQmx create digital input, poté je úloha odstartována ke sběru dat pomocí funkce DAQmx Start task.

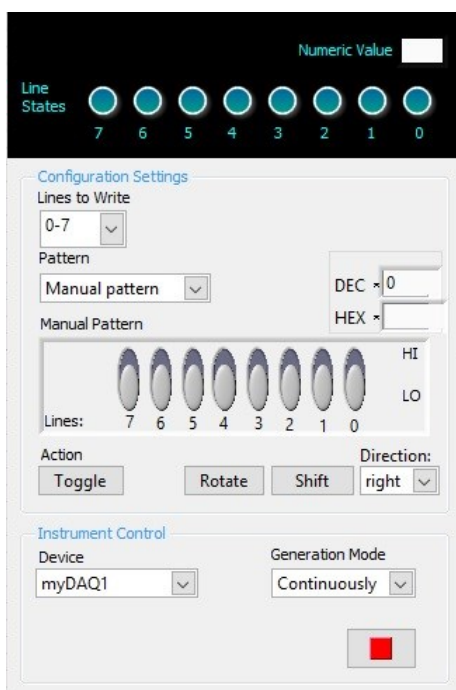
**Část II:** Druhá část aplikace je stěžejní částí aplikace Čtečka digitálních vstupů. Celá dílčí část II. je uzavřena ve smyčce WHILE pojmenované Data loop aby bylo zajištěno kontinuální čtení digitálních vstupů. Ve smyčce WHILE dochází nejprve ke čtení dat z digitálních vstupů pomocí funkce DAQmx read, výstupem je jednorozměrné pole ve formátu boolean. Vyčtenému poli je dále upravováno pořadí jednotlivých elementů a následně jsou jednotlivé elementy pole připojeny na indikátory ve formátu diody. Aktuální stavy indikátorů jsou také pomocí SubVI „bit2dec“ převedeny na decimální a

hexadecimální hodnoty. Pokud je aplikace nastavena do módu Run Once nabídky Acquisition mode, nebo je zmáčknuto tlačítko stop, aplikace přejde do části III., pokud je aplikace nastavena do módu Run Continuously, tato část je za 100ms opakována.

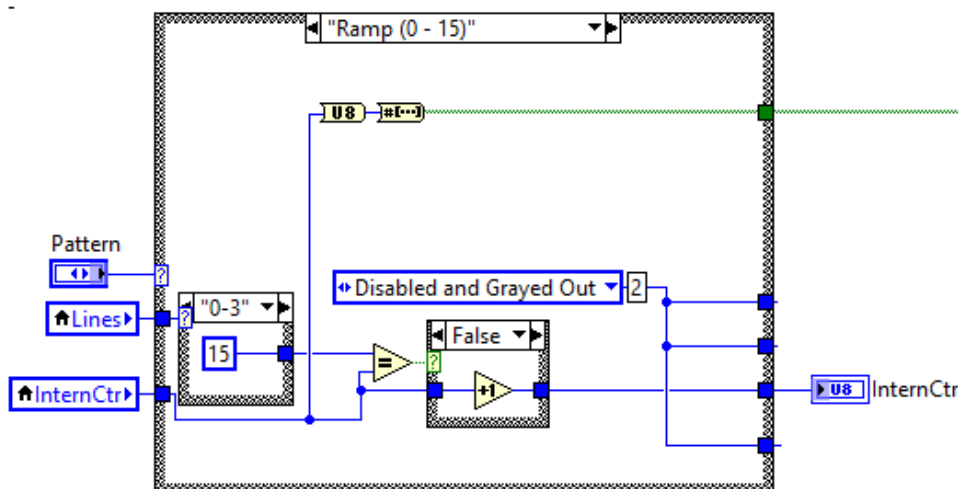
**Část III:** Třetí část aplikace je opakování první části. Pomocí funkce DAQmx stop task je úloha sběru dat ukončena a poté pomocí funkce DAQmx clear task je úloha smazána. Aplikace se ukončí.

### 6.3 Zapisovačka na digitální výstupy

Aplikace Zapisovačka na digitální výstupy je rozdělena na tři dílčí části. První část aplikace se zabývá počátečním nastavením a provede se pouze jednou při spuštění. Druhá část aplikace se zabývá úpravou dat a následným zapsáním na výstup měřicí karty. Třetí část se zabývá ukončením aplikace.

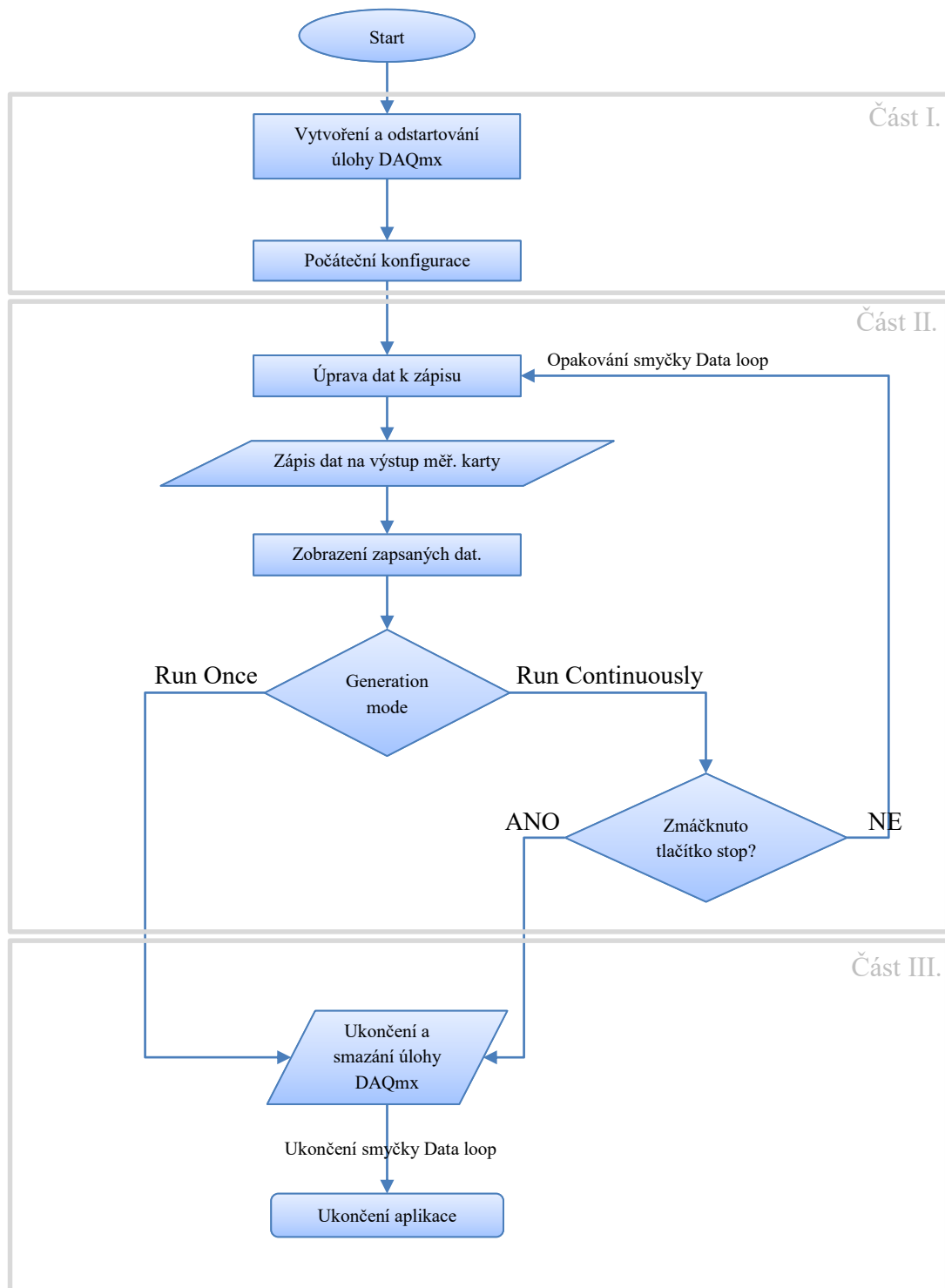


**Obr. 5.6** Uživatelské rozhraní aplikace Zapisovačka na digitální výstupy.



**Obr. 5.7** Fragment kódu, zajišťující automatické generování dat pro funkci Ramp (0 – 15)

## 6.3.1 Popis implementované funkce a vývojový diagram



Obr. 5.8 Vývojový diagram aplikace Zapisovačka na digitální výstupy

**Část I:** První část aplikace se nachází před vykonáváním hlavní smyčky WHILE – Data loop. V této části aplikace je zjištěn seznam všech připojených zařízení a zapisuje se do rolovací nabídky „device“. Vybrané zařízení a vybrané terminály ze kterých bude prováděno čtení digitálních vstupů jsou potřebné k vytvoření kanálu DAQmx create digital output, poté je úloha odstartována ke generování dat



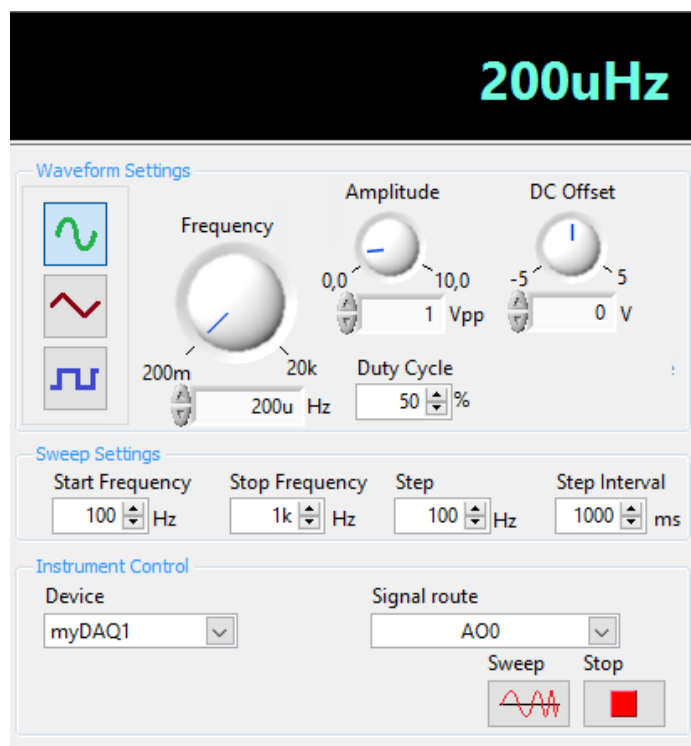
pomocí funkce DAQmx start task. Nevyužívané manuální přepínače jsou v aplikaci graficky nastaveny k zašednutí a nastavení na logickou hodnotu „false“.

**Část II:** Druhá část aplikace je stěžejní částí aplikace zapisovačka digitálních vstupů. Celá dílčí část je uzavřena ve smyčce WHILE pojmenované Data loop aby bylo zajištěno kontinuální zapisování dat na digitální výstupy měřicí karty. Občerstvování dat probíhá pomocí událostní struktury každých 100ms. Smyčka Data loop začíná úpravou dat k zápisu. Rolovací nabídka Pattern určuje, zda budou data automaticky generována, nebo manuálně. Pokud je zvolen automatický režim, je využívána pomocná proměnná InternCtr pro krokování generovaných hodnot. Pokud je nabídka Pattern v manuálním režimu, jsou zpřístupněny manuální přepínače a tlačítka pro úpravu stavů přepínačů. Výstupem je vždy jednorozměrné pole formátu boolean. Výslednému poli je poté upraveno pořadí a je přivedeno na funkci DAQmx write k zápisu na terminály digitálních výstupů. Pole je také rozebráno na jednotlivé prvky, které jsou připojeny na indikátory v podobě diod. Jednotlivé prvky jsou dále připojeny na terminály SubVI „bit2dec“, které převede jednotlivé prvky pole na decimální a hexadecimální hodnotu. Pokud je aplikace nastavena do módu Run Once nabídky Generation mode, nebo je zmáčknuto tlačítko stop, aplikace přejde do části III., pokud je aplikace nastavena do módu Run Continuously, tato část je za 100ms opakována, pokud během těchto 100ms byla zjištěna změna rolovací nabídky Pattern, hodnota pomocné proměnné InternCtr se vynuluje.

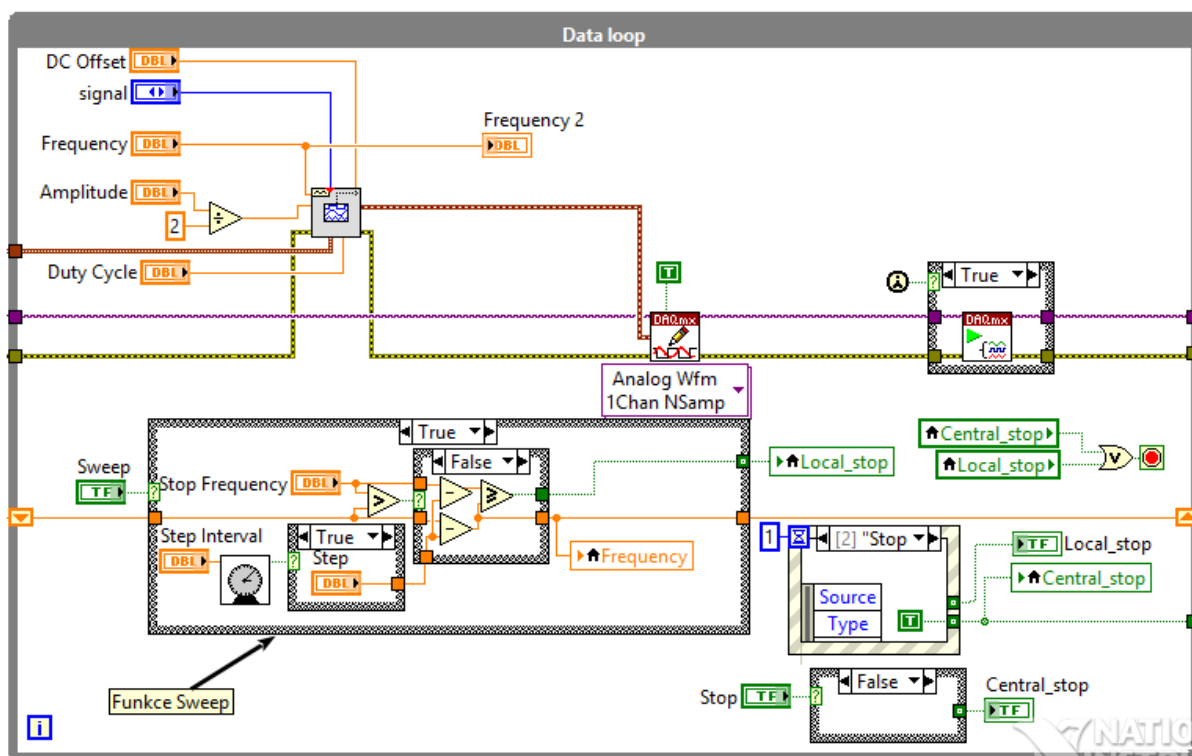
**Část III:** Třetí část následuje po ukončení smyčky Data loop. Pomocí funkce DAQmx stop task je úloha generování dat ukončena a poté pomocí funkce DAQmx clear task je úloha smazána. Všechny prvky uživatelského rozhraní, které byly znepřístupněny k používání jsou zpřístupněny a aplikace se ukončí.

## 6.4 Funkční generátor

Aplikace Funkční generátor je rozdělena na tři dílčí části. Všechny části jsou uzavřeny v jedné smyčce WHILE s názvem Central loop. První část se zabývá nastavením měřicí karty a výpočtem vzorkovací frekvence. Druhá část aplikace je uzavřena ve vnitřní vnořené smyčce WHILE pojmenované Data loop, tato část aplikace se stará o úpravu dat a kontinuální generování signálu na výstup měřicí karty. Třetí část aplikace ukončuje a maže vytvořenou úlohu generování dat a poté opakuje nebo ukončuje hlavní smyčku Central loop.

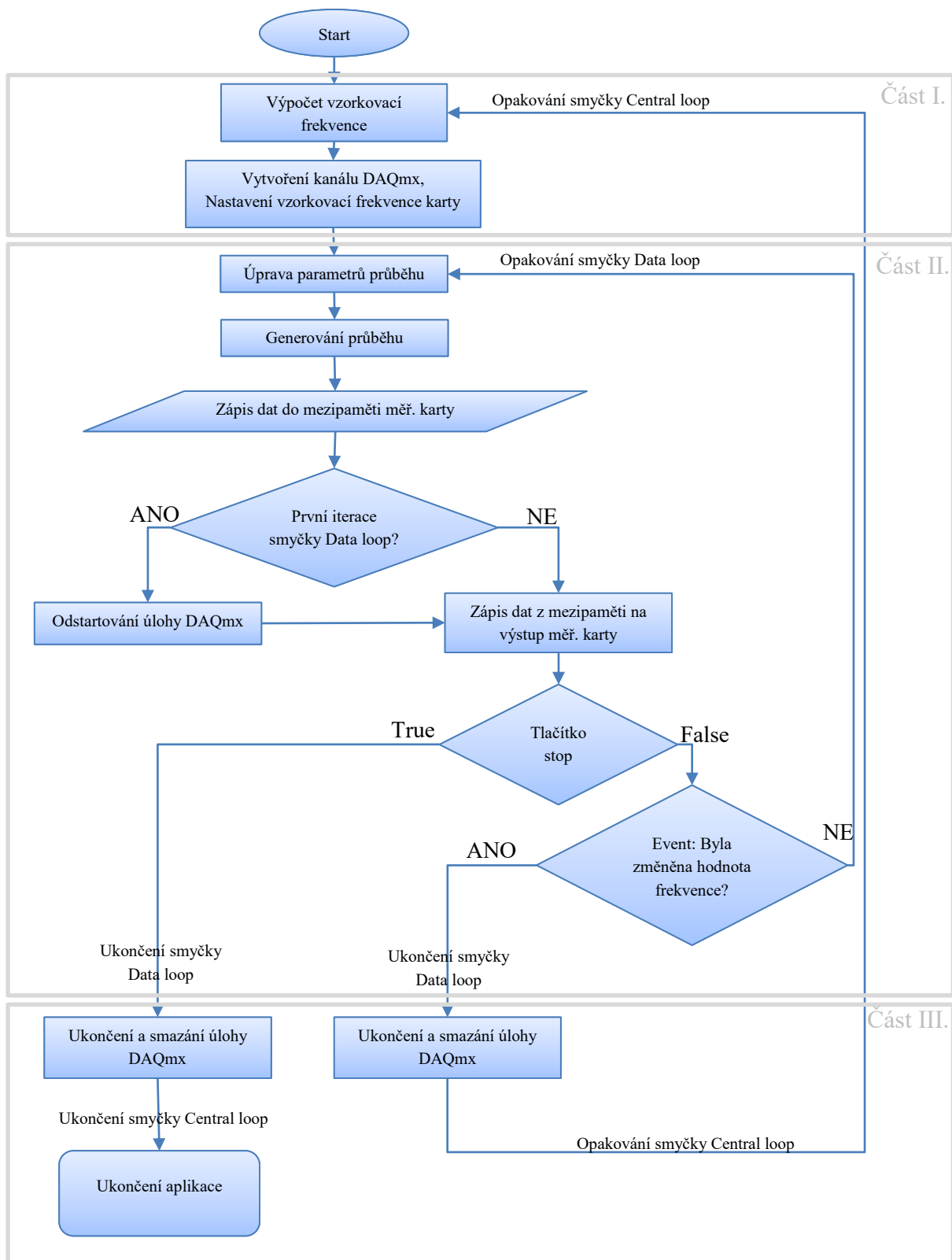


Obr. 5.9 Uživatelské rozhraní aplikace Funkční generátor.



Obr. 5.10 Kód hlavní části programu, smyčka WHILE – Data loop

## 6.4.1 Popis implementované funkce a vývojový diagram



Obr. 5.11 Vývojový diagram aplikace Funkční generátor

**Část I:** Při spuštění aplikace se aplikace ihned dostává do smyčky WHILE pojmenované Central loop, tato smyčka slouží pro restartování programu při nutnosti změny vzorkovací frekvence. V první části je tedy vypočtena vzorkovací frekvence, je vytvořen kanál pro generování dat na výstup měřicí karty pomocí funkce DAQmx Create Channel. Nastavení vzorkovací frekvence, velikost bufferu aj. parametry měřicí karty se nastavují po vytvoření kanálu pomocí funkce DAQmx timing.

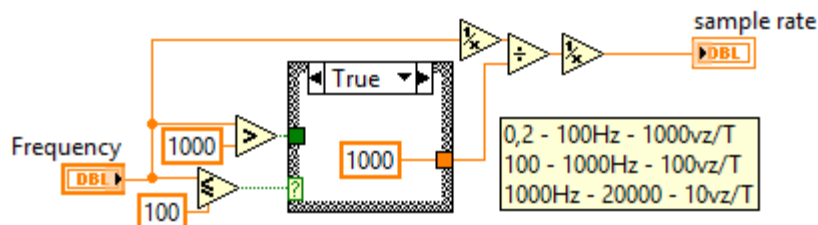
**Část II:** Druhá část aplikace je uzavřena ve vnitřní vnořené smyčce WHILE pojmenované Data loop z důvodu kontinuálního generování signálu na výstup měřicí karty. Ve smyčce se nachází funkce pro generování signálu Basic function generator, jejím výstupem je požadovaný průběh ve formátu Waveform(DBL). Vygenerovaný signál je přímo připojen na funkci DAQmx write, tím se pole průběhu přesune do mezipaměti. Pokud je smyčka Data loop volána poprvé, je zavolána funkce pro odstartování úlohy a začíná generování průběhu na výstup měřicí karty. Pokud je aplikace v módu Sweep, frekvence průběhu se sama upravuje až do momentu, kdy překročí stanovenou hranici. Pokud bylo při vykonávání smyčky zmáčknuo tlačítko stop, byla vyhodnocena změna frekvence událostní strukturou nebo při módu Sweep byla překročena stanovená hranice frekvence smyčka Data loop se ukončí a aplikace pokračuje do Části III. V opačném případě se smyčka Data loop opakuje (Část II.).

**Část III:** Pomocí funkce DAQmx stop task je úloha zastavena a pomocí funkce DAQmx clear task je úloha smazána. Pokud bylo v předchozí části zmáčknuo tlačítko stop, nebo byla překročena stanovená hranice frekvence při módu Sweep, smyčka Central loop se ukončí a tím pádem i celá aplikace. Pokud však nedošlo ani k jedné výše uvedené akci, smyčka Central loop se opakuje a tím dojde k kompletnímu restartování aplikace.

#### 6.4.2 Vzorkovací frekvence

Z důvodu velkého rozsahu nastavitelné frekvence generovaného průběhu (0,2-20000Hz) je nutno zajistit možnost měnit frekvenci za chodu aplikace. Změna vzorkovací frekvence měřicí karty byla zajištěna smyčkou Central loop, která zajišťuje restartování aplikace. Pokud byla vyhodnocena změna frekvence událostní strukturou, bude ukončena vnitřní smyčka Data loop, tím se dostane aplikace zpět do hlavní smyčky Central loop a celá aplikace se spustí znovu s nově vypočtenou vzorkovací frekvencí.

Výpočet vzorkovací frekvence se nachází v SubVI „frequency2rate“. Hodnota vzorkovací frekvence závisí na hodnotě frekvence signálu. Jsou nastaveny celkem tři rozsahy, se kterými se frekvence porovnává (Tab. 5.1). Rozsahy byly zvoleny s ohledem na kvalitu generovaného signálu a s ohledem na maximální vzorkovací frekvenci zařízení, hodnota se pohybuje od 10 vzorků na 1 periodu (vysoké frekvence průběhu) až do 1000 vzorků na periodu (malé frekvence průběhu)



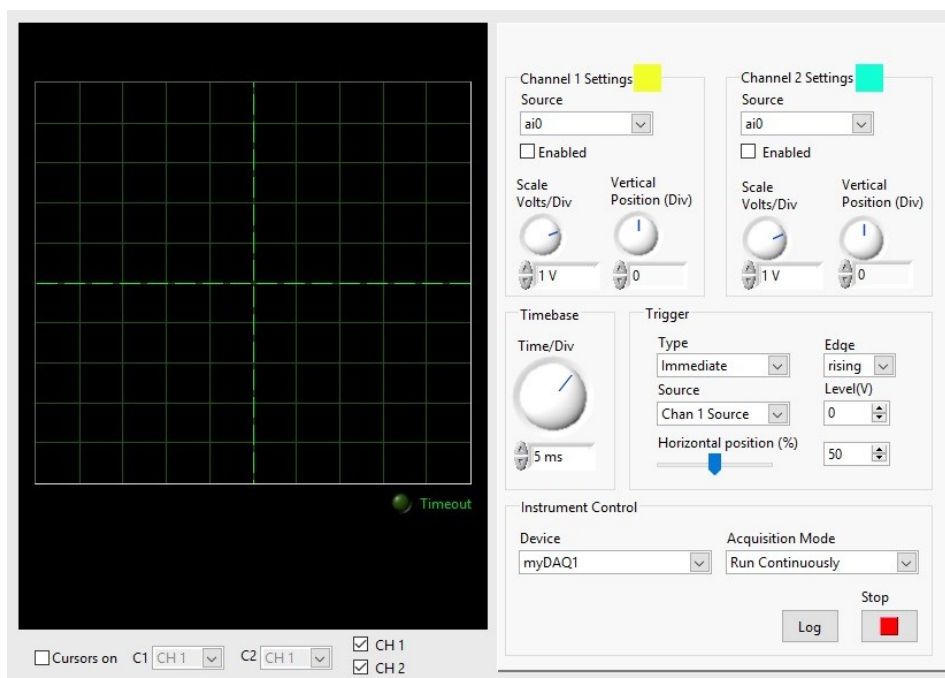
Obr. 5.12 Kód SubVI „frequency2rate“

**Tab. 5.1** Tabulka závislosti počtu vzorků periody signálu na frekvenci signálu

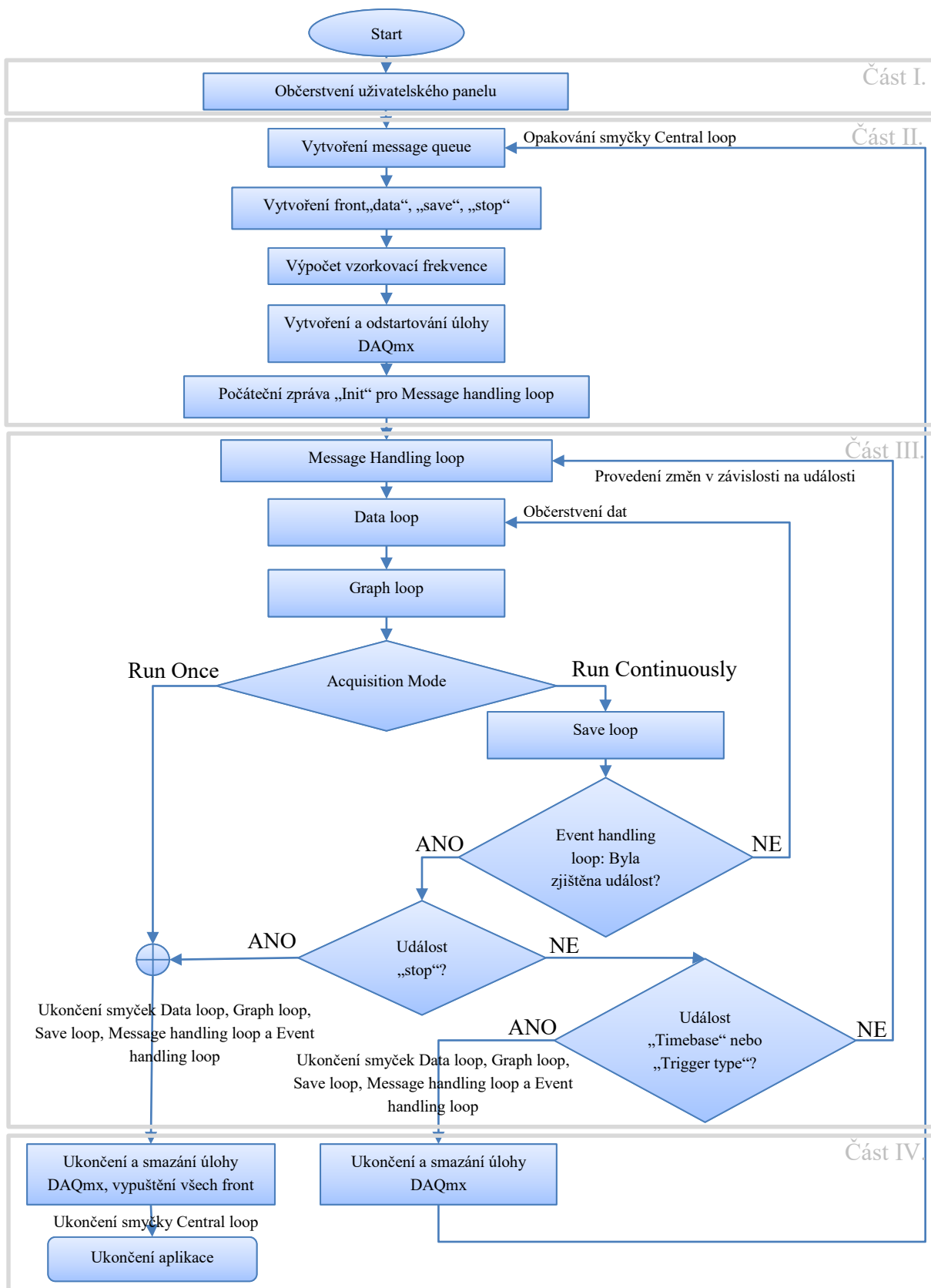
Frekvence průběhu (Hz)	Počet vzorků na periodu signálu (vz./T)
<0,2 – 100>	1000
(100 – 1000>	100
(1000 – 20000>	10

## 6.5 Osciloskop

Aplikace je rozdělena na čtyři dílčí části. První část má na starost počáteční obcerstvení uživatelského panelu. Druhá část provede vytvoření front a nastavení měřicího řetězce DAQmx. Třetí část je funkční část osciloskopu, která má na starosti práci s naměřenými daty, jejich úpravu a zobrazení. Čtvrtá část má na starosti ukončení nebo restartování aplikace.

**Obr. 5.13** Uživatelské rozhraní aplikace Osciloskop

## 6.5.1 Popis implementované funkce a vývojový diagram



Obr. 5.14 Vývojový diagram aplikace Osciloskop

**Část I:** První část se zabývá počátečním občerstvením uživatelského panelu a je provedena pouze jednou při spuštění aplikace. Z první části se dostává aplikace do druhé části která je tvořena smyčkou WHILE pojmenovanou Central loop.

**Část II:** V momentě kdy se aplikace dostane do hlavní smyčky Central loop, je provedeno vytvoření kanálu k měření, nastavení vzorkovací frekvence měřicí karty a odstartování úlohy měření. V druhé části jsou také vytvořeny všechny fronty používané pro synchronizovaný přenos dat mezi paralelními smyčkami. Při vytvoření fronty zpráv dojde k vložení počáteční zprávy „Init“, zpráva se předá smyčce Message Handling loop, která provede z preventivního důvodu občerstvení dat.

**Část III:** Jakmile je úloha odstartována k měření a je provedena počáteční inicializace, aplikace se dostává do fáze měření, úpravy, zobrazování a ukládání dat, tyto jednotlivé procesy jsou realizovány pomocí WHILE smyček (Event Handling loop, Message Handling loop, Data loop, Graph loop, Save loop), které běží paralelně se synchronizací přenosu dat pomocí čtyř front. Všechny vnitřní smyčky jsou prováděny nezávisle na sobě nekonečně dlouho do doby, než je vyhodnocena uživatelská událost se zprávou stop nebo restart, která všechny vnitřní smyčky ukončí.

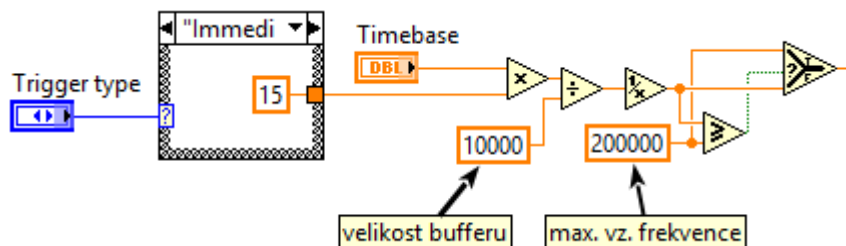
**Část IV:** Aplikace se dostane do čtvrté části pouze v případě, že byla vložena do fronty zpráv zpráva „restart“ nebo „stop“. Tato část se zabývá opuštěním všech front, smazáním uživatelské událostní struktury, zastavením a smazáním úlohy měření dat. Pokud byla vložena zpráva „restart“ aplikace se vrátí do části II. opakováním smyčky Central loop. Restartování aplikace je zapotřebí z důvodu úpravy vzorkovací frekvence měřicí karty. V případě že byla do fronty zpráv vložena zpráva „stop“, ukončí se všechny smyčky včetně Central loop a aplikace se ukončí.

### 6.5.2 Vzorkovací frekvence

Z důvodu velkého rozsahu Časové základny osciloskopu, je nutné měnit vzorkovací frekvenci měřicí karty za chodu aplikace. Změna vzorkovací frekvence je zajištěna pomocí restartu celé aplikace a znovu spuštěním s nově vypočtenou vzorkovací frekvencí.

Restart aplikace je zajištěn pomocí vnější smyčky Central loop. V případě, že byla zjištěna uživatelská událost změny hodnoty otočného ovládacího prvku Timebase, nebo rolovací nabídky Trigger type, jsou ukončeny všechny vnitřní smyčky. Po ukončení všech vnitřních smyček je provedeno opakování vnější smyčky Central loop, která provede kompletně nové spuštění aplikace včetně nové vzorkovací frekvence.

Výpočet vzorkovací frekvence je založen na dvou vstupních parametrech – hodnota časové základny (Timebase) a zvolený režim Triggeru. Nabídka trigger type obsahuje dvě možnosti – Immediate a Edge. V případě Immediate je zobrazován kontinuálně nijak upravovaný signál proto je nutno naměřit průběh s celkovým časem rovnajícím se hodnotě časové základny vynásobenou deseti dílků s rezervou pěti dílků. V případě nastavení Trigger type na Edge je zobrazován triggerovaný signál s možností horizontálního posunu o 50% doprava i doleva. Celkový měřený signál tedy musí být minimálně 20 dílků aktuální hodnoty timebase, s rezervou je nastaveno 30 dílků. Počet dílků 15/30 je vynásoben s aktuální hodnotou časové základny, výsledkem je celkový čas průběhu. Celkový čas průběhu je vydělen počtem vzorků, tím je zjištěna perioda vzorkování, obrácená hodnota periody je frekvence. Pokud byla frekvence vypočtena vyšší než maximální, nastaví se frekvence na maximální hodnotu. Tento výpočet zajišťuje optimální vzorkovací frekvenci a zachovává tak maximální kvalitu měřeného signálu.



Obr. 5.15 Výpočet vzorkovací frekvence

### 6.5.3 Fronty

V aplikaci Osciloskop jsou použity celkem čtyři fronty pro synchronizaci přenosu dat mezi paralelními smyčkami. Tři fronty (stop, data, save) se řadí mezi klasické fronty, přes které lze přenášet jakýkoliv datový formát. Čtvrtá fronta byla převzata z předpřipravených projektových šablon programu LabVIEW a slouží k přenášení zpráv ve formátu string.

#### 6.5.3.1 Fronta Message Queue

Tato fronta zasahuje do tří paralelních smyček, nejdůležitější jsou zejména smyčky Event handling loop a Message handling loop. Ve třetí smyčce (Graph loop) se nachází pouze jeden element pro vkládání zpráv a slouží pouze k restartování nebo centrálnímu vypnutí aplikace.

Princip fronty spočívá ve vztahu mezi událostní strukturou uzavřenou ve smyčce Event handling loop a Case strukturou uzavřenou ve smyčce Message handling loop. Pokud uživatel provede jakoukoliv událost definovanou v událostní struktuře, je do fronty zpráv vložena konkrétní zpráva vyplývající ze zaznamenané události. Zpráva je vybrána z fronty ve smyčce Message handling loop a je přímo přivedena na Case strukturu. Každá vložená zpráva má svoji odpovídající Case strukturu ve které se nachází kód, který akci zpracuje. (Viz. 6.5.4.1 a 6.5.4.2.)

#### 6.5.3.2 Fronta „stop“

Fronta stop slouží k přenosu informace o vypnutí nebo restartování aplikace, datový typ přenášeného elementu je boolean. Fronta zasahuje do smyček Message handling loop a Data loop. Ve smyčce Event handling loop je do fronty zapisována hodnota True nebo False v závislosti na provedené možnosti Case struktury. Informace je dále přenesena do smyčky Data loop kde se element vybere z fronty a provede požadovanou akci.

#### 6.5.3.3 Fronta „data“

Fronta data slouží k přenosu složeného datového typu Cluster, v Clusteru jsou obsaženy dva prvky datového typu Boolean a pole. Pole obsahuje dva prvky datového typu Waveform (DBL) a jsou to průběhy obou kanálů k vykreslení na graf.

Fronta zasahuje do dvou paralelních smyček Data loop a Graph loop. Přenáší informaci o restartování nebo ukončení aplikace z fronty stop dále také přenáší data průběhů k vykreslení do grafu.

#### 6.5.3.4 Fronta „save“

Fronta save slouží k přenosu dat ze smyčky Graph loop do smyčky Save loop. Jedná se o totožnou frontu jako fronta data s tím rozdílem, že jsou data vkládány do fronty ve smyčce Graph loop a vyjímány ve smyčce Save loop.

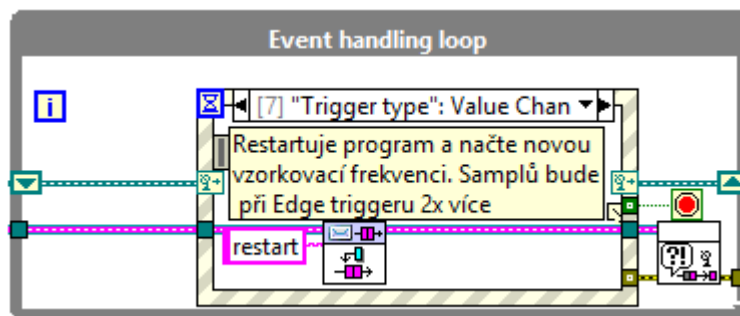


### 6.5.4 Vnitřní paralelní smyčky

Uvnitř centrální smyčky WHILE pojmenované Central loop se nachází pět paralelních smyček WHILE, jedná se o – **Event handling loop**, **Message handling loop**, **Data loop**, **Graph loop**, **Save loop**.

#### 6.5.4.1 Event handling loop

Smyčka event handling loop spolupracuje se smyčkou Message handling loop. V této smyčce se nachází událostní struktura s odpovídajícími zprávami vyvolávající akci v Message handling loop. Smyčka se provede pouze v případě, že byla vyhodnocena událost, tím zbytečně nezatěžuje procesor.



**Obr. 5.16** Fragment kódu – smyčka WHILE – Event handling loop

**Tab. 5.2** Tabulka událostí s odpovídajícími zprávami vloženými do fronty zpráv.

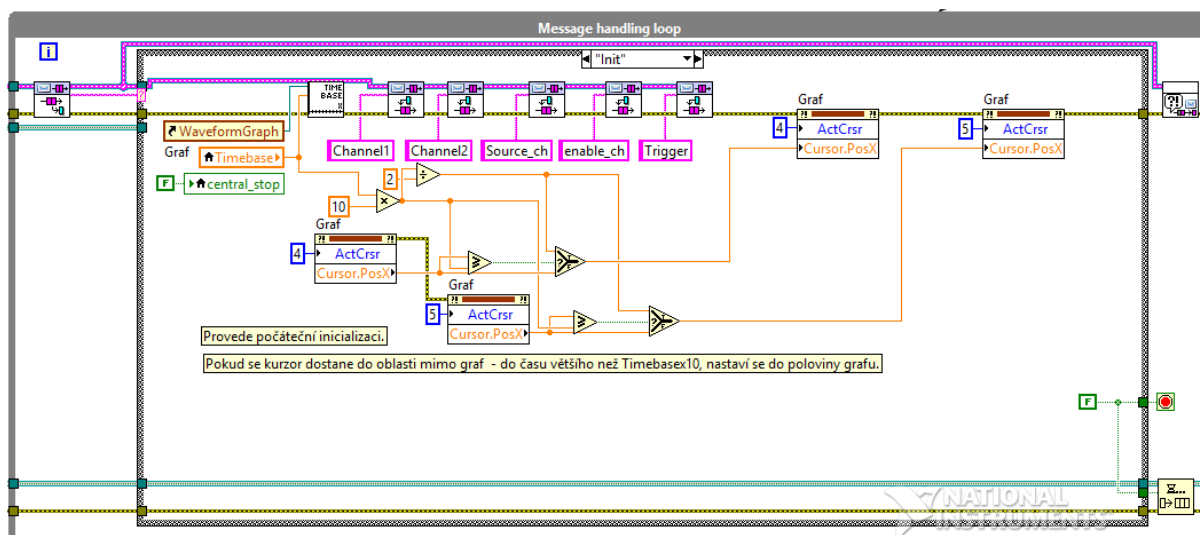
Číslo události [n]	Zpráva
0	enable_ch
1	Source_ch
2	stop
3	-
4	restart
5	Channel1
6	Channel2
7	restart
8	Trigger
9	Cursors

- ✓ [0] "Enable\_ch1", "Enable\_ch2", "CH1\_plot", "CH2\_plot": Value Change
- [1] "Source\_ch1", "Source\_ch2": Value Change
- [2] "Stop": Value Change
- [3] <User Event - Stop>: User Event
- [4] "Timebase": Value Change
- [5] "Ch1\_Scale", "Ch1\_vertical\_pos": Value Change
- [6] "Ch2\_Scale", "Ch2\_Veritical\_pos": Value Change
- [7] "Trigger type": Value Change
- [8] "Trigger source", "Trigger edge", "Level(V)", "Horizontal position (%)": Value Change
- [9] "Cursors on", "C1", "C2": Value Change

Obr. 5.17 Seznam všech událostí.

#### 6.5.4.2 Message handling loop

V této smyčce se provádí vyjmutí elementů z fronty zpráv, daný vyjmutý element určuje která možnost Case struktury bude provedena. Smyčka se provede pouze v případě, že byla do fronty zpráv vložena zpráva, tím zbytečně není zatěžován procesor.



Obr. 5.18 Fragment kódu – smyčka WHILE – Message handling loop.

- ✓ "stop"
- "restart"
- "Channel1"
- "Source\_ch"
- "Channel2"
- "Init"
- "enable\_ch"
- "Trigger"
- "Cursors"
- "Ch\_Cursors"
- Default

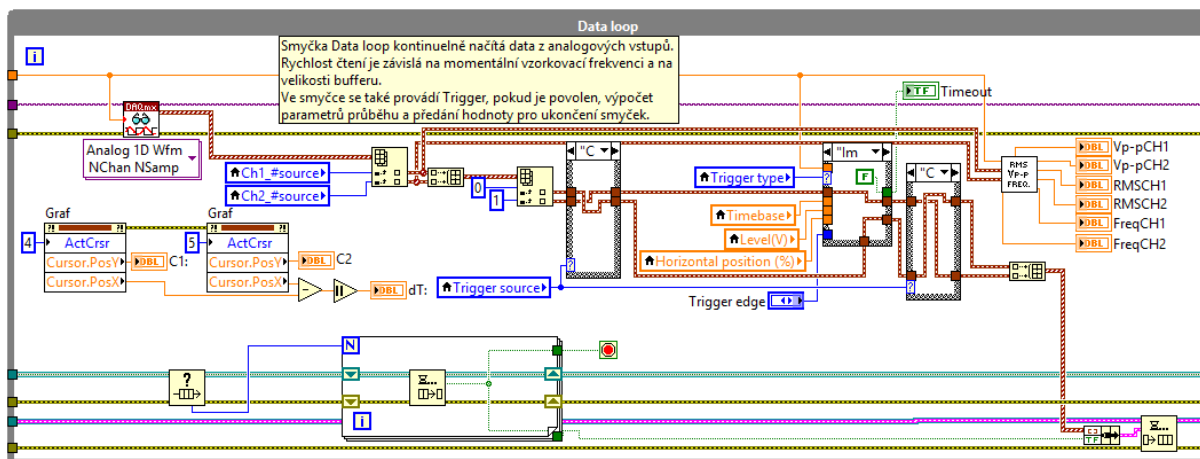
Obr. 5.19 Seznam možností Case struktury.

Možnost **stop** vyvolá dynamickou událost stop, tím ukončí smyčku Event handling loop a smyčku Message handling loop. Do fronty stop se vloží boolean hodnota True a pomocná proměnná Central stop se nastaví taktéž do boolean hodnoty True. Možnost **restart** je totožná jako možnost stop

s rozdílem, že pomocná proměnná **Central stop** zde není nijak nastavována. Možnost **Channel1** obsahuje SubVI „ch1\_scale\_vertical“ a aktualizuje hodnoty ypsilonové osy grafu kanálu 1. Možnost **Source\_ch** zaznamená změnu kanálu a zapíše zvolené indexy kanálu do pomocné proměnné. Možnost **Channel2** obsahuje SubVI „ch2\_scale\_vertical“ a aktualizuje hodnoty ypsilonové osy grafu kanálu 2. Možnost **Init** je zavolána při spuštění programu, provede počáteční aktualizaci časové základny, upraví pozice kurzorů a vloží do fronty zpráv všechny možnosti Case struktury aby byla zajištěna kompletní aktualizace programu. Možnost **enable\_ch** zajišťuje zobrazení/skrytí kurzorů, parametrů průběhů a samotných průběhů. Tato možnost také upravuje nabídku výběrů C1 a C2. Po aktualizaci vloží do fronty zpráv zprávu Cursors pro aktualizaci kurzorů. Možnost **Trigger** upravuje kurzor ukazující na místo kde byl zachycen trigger. Možnost **Cursors** upravuje viditelnost kurzorů, jejich parametrů a úpravu přichycení kurzorů na průběhy (nabídky C1 a C2). Možnost **Ch\_Cursors** aktualizuje viditelnost kurzorů indikující nulovou hladinu kanálu 0 a 1. Možnost **Default** je vložena pouze pro korektnost programu, nikdy se neprovede.

#### 6.5.4.3 Data loop

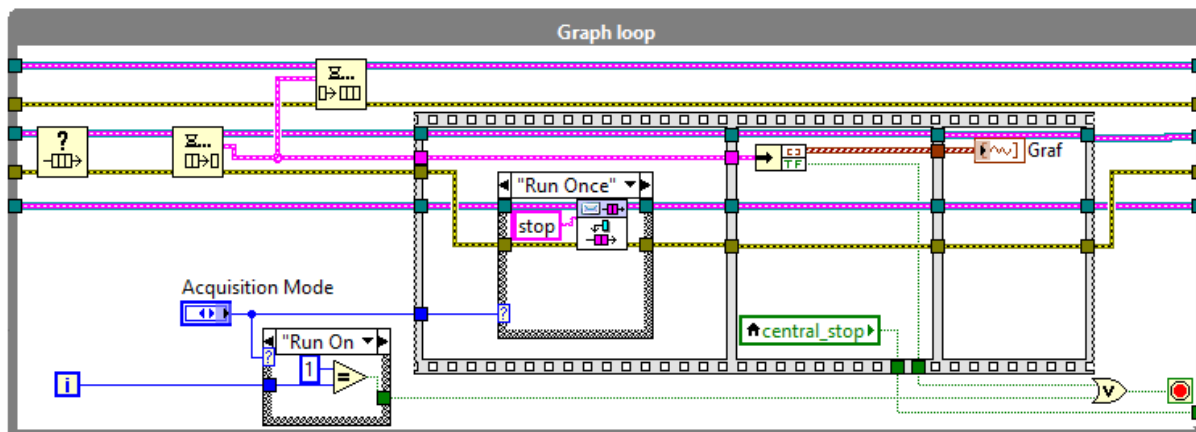
Smyčka Data loop obsahuje práci s naměřenými daty. Naměřená data jsou výstupem z funkce DAQmx read, tato funkce je nastavena na Analog 1D Wfm NChan NSamp, výstupem je tedy jednorozměrné pole obsahující 2 elementy datového typu Waveform (DBL). Z jednotlivých prvků pole (průběhů) se dále vypočítávají hodnoty frekvence, Vp-p a RMS. Pokud je aplikace v režimu trigger edge, data průběhu se dále upravují a vyhledávají se průchody hladinou triggeru, pokud je funkce vypnuta (Immediate) průběhy se nijak neupravují. Pole průběhů je dále přes frontu data přeneseno do smyčky Graph loop kde je vykreslováno přímo do grafu a dodatečně vloženo do fronty save k případnému uložení do souboru.



Obr. 5.20 Fragment kódu – smyčka WHILE – Data loop.

#### 6.5.4.4 Graph loop

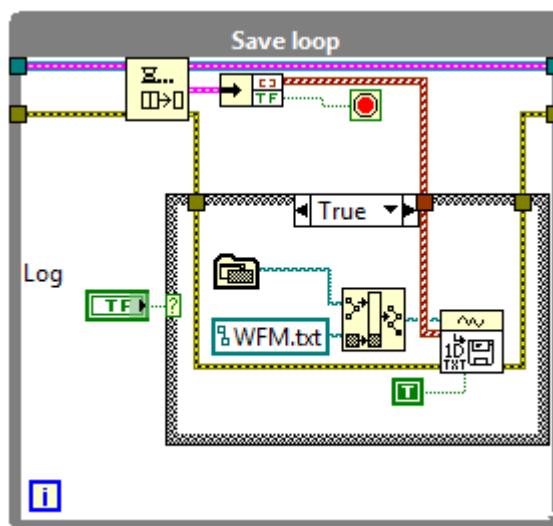
Smyčka Graph loop zajišťuje přenesení dat k uložení pomocí fronty save, do smyčky Save loop. Dále zajišťuje přenesení průběhů ze smyčky Data loop a následné vykreslení do grafu. V případě že bylo zmáčknuto tlačítko stop, popřípadě bylo nastaveno jednorázové vykreslení průběhu (Acquisition mode – Run once) smyčka Graph loop centrálně ukončí všechny smyčky pomocí pomocné proměnné **Central\_stop**.



Obr. 5.21 Fragment kódu – smyčka WHILE – Graph loop.

#### 6.5.4.5 Save loop

Je smyčka WHILE sloužící k ukládání do souboru. Pokud je tlačítko „Log“ zaaretováno, provádí se ukládání do textového souboru umístěného v adresáři, kde se nachází aplikace Osciloskop.

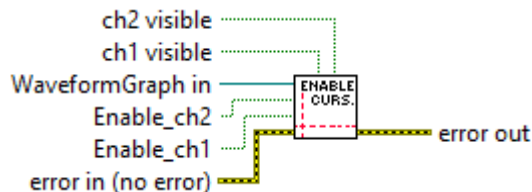


Obr. 5.22 Fragment kódu – smyčka WHILE – Save loop.

## 6.6 Podprogramy (SubVI)

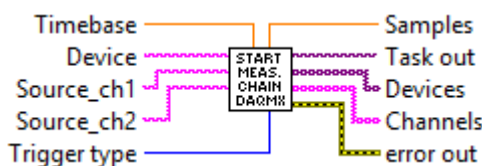
Pro zjednodušení všech aplikací byly použity podprogramy (SubVI).

**Cursors\_enable** se nachází ve třetí části (6.5.1) aplikace Osciloskop, konkrétně ve smyčce WHILE pojmenované Message handling loop. Podprogram je proveden pokaždé, když je do fronty zpráv (6.5.3.1) vložena zpráva „enable\_ch“. Zpráva enable\_ch, je vložena do fronty vždy, když je vyvolána událost [0] nebo dojde-li ke změně hodnoty zaškrtnutí tlačítka Enable kanálu 1 nebo 2, nebo dojde-li ke změně hodnoty zaškrtnutí tlačítek CH1 nebo CH2. Podprogram upravuje viditelnost průběhů kanálů 1 a 2 a viditelnost nulových kurzorů kanálů 1 a 2.



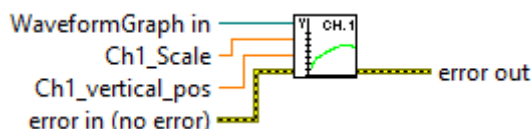
**Obr. 5.23** Terminály podprogramu *Cursors\_enable*.

**DAQmxStart** se nachází v druhé části (6.5.1) aplikace Osciloskop. Podprogram detekuje všechna připojená zařízení a detekuje všechny analogové vstupy vybraného zařízení. Vytvoří kanál pomocí funkce DAQmx create channel následně nastaví vzorkovací frekvenci, velikost mezipaměti aj. pomocí funkce DAQmx timing. Vytvořený kanál odstartuje ke sběru dat.



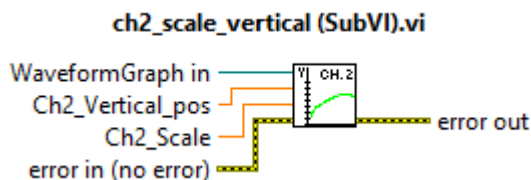
**Obr. 5.24** Terminály podprogramu *DAQmxStart*.

**Ch1\_scale\_vertical** se nachází ve třetí části (6.5.1) aplikace Osciloskop, konkrétně ve smyčce WHILE, pojmenované Message handling loop. Podprogram je proveden pokaždé, když je do fronty zpráv (6.5.3.1) vložena zpráva „Channel1“. Podprogram upravuje počet dílků, maximální a minimální hodnotu ypsilonové osy kanálu 1. Slouží k občerstvení grafu při změně hodnoty otočných ovládacích prvků Scale volts/div a Vertical position kanálu 1.



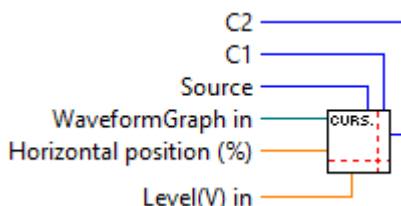
**Obr. 5.25** Terminály podprogramu *Ch1\_scale\_vertical*.

**Ch2\_scale\_vertical** se nachází ve třetí části (6.5.1) aplikace Osciloskop, konkrétně ve smyčce WHILE, pojmenované Message handling loop. Podprogram je proveden pokaždé, když je do fronty zpráv (6.5.3.1) vložena zpráva „Channel2“. Podprogram upravuje počet dílků, maximální a minimální hodnotu ypsilonové osy kanálu 2. Slouží k občerstvení grafu při změně hodnoty otočných ovládacích prvků Scale volts/div a Vertical position kanálu 2.



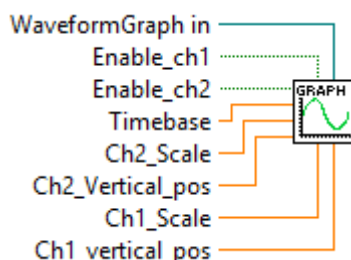
**Obr. 5.26** Terminály podprogramu *Ch2\_scale\_vertical*.

**OnlyCursors** se nachází v první části (6.5.1) aplikace Osciloskop. Slouží k prvotnímu nastavení všech kurzorů používaných v aplikaci Osciloskop. Nachází se zde úpravy barev, pojmenování, pozice, viditelnosti, režimu, přiřazení k osám aj.



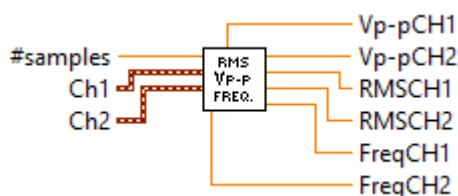
**Obr. 5.27** Terminály podprogramu *OnlyCursors*.

**OnlyGraphSettings** se nachází v první části (6.5.1) aplikace Osciloskop. Podprogram slouží ke kompletnímu prvotnímu nastavení grafu. Nachází se zde nastavení všech ypsilonových os, všech x-ových os, průběhů kanálů 1 a 2, velikosti grafu aj.



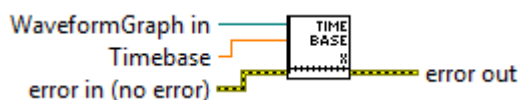
**Obr. 5.28** Terminály podprogramu *OnlyGraphSettings*.

**RMS\_VPP\_Freq** se nachází ve třetí části (6.5.1) aplikace Osciloskop, konkrétně ve smyčce WHILE, pojmenované Data loop. Podprogramu slouží k výpočtu RMS hodnoty, frekvence a Vp-p hodnoty obou kanálů. Vypočtené hodnoty jsou dále kontinuálně zobrazovány na čelním panelu. V podprogramu je využíván podprogram zerocross pro nalezení všech průchodů nulou při výpočtu frekvence.



**Obr. 5.29** Terminály podprogramu *RMS\_VPP\_Freq*.

**Timebase** se nachází ve třetí části (6.5.1) aplikace Osciloskop, konkrétně ve smyčce WHILE pojmenované Message handling loop. Podprogram je proveden pokaždé, když je do fronty zpráv (6.5.3.1) vložena zpráva „Init“. Zpráva „Init“ je vložena do fronty pouze při spuštění programu, tento podprogram tedy slouží k prvotnímu občerstvení x-ové osy grafu.

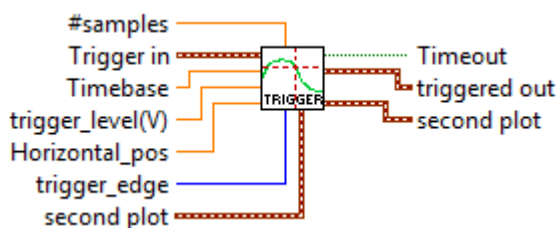


**Obr. 5.30** Terminály podprogramu *Timebase*.

**TRIGGER** se nachází ve třetí části (6.5.1) aplikace Osciloskop, konkrétně ve smyčce WHILE, pojmenované Data loop. Podprogram slouží k úpravě naměřeného pole dat, které je výstupem funkce DAQmx read. Tento podprogram je prováděn pouze v případě, že je zvolena možnost „Edge“ v rolovací nabídce Trigger type.

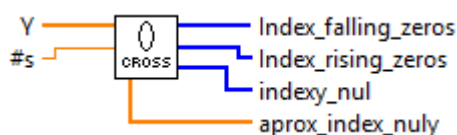
Podprogram je rozdělen na tři části, které na sebe postupně navazují - srovnání na vertikální hladinu danou numerickým prvkem Level(V), detekce nul náběžné/sestupné hrany a poslední část se stará o úpravu pole.

Výstupem podprogramu jsou upravené pole s nalezeným Triggerem., které jsou připraveny na vykreslení do grafu.



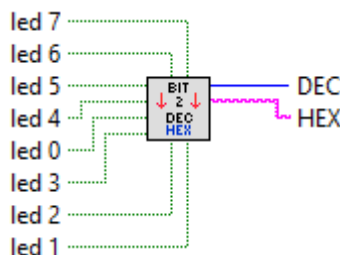
**Obr. 5.31** Terminály podprogramu TRIGGER.

**Zerocross** se nachází v druhé části (6.5.1) aplikace Osciloskop, tento podprogram je obsažen v podprogramu RMS\_VPP\_Freq a výstupem jsou pole detekovaných průchodů nulovou vertikální hladinou grafu.



**Obr. 5.32** Terminály podprogramu zerocross.

**Bit2dec** se nachází v druhé části (6.2.1) aplikace Čtečka digitálních vstupů a v druhé části (6.3.1) aplikace Zapisovačka na digitální výstupy. Jedná se o podprogram převádějící binární hodnotu osmi jednotlivě vstupujících bitů na decimální a hexadecimální hodnotu. Tento podprogram je nastaven jako reentrantní.



**Obr. 5.33** Terminály podprogramu bit2dec

**Frequency2rate** se nachází v druhé části (6.4.1) aplikace Funkční generátor. Jedná se o podprogram pro výpočet vzorkovací frekvence z frekvence průběhu.



**Obr. 5.34** Terminály podprogramu frequency2rate

**Inicializace** se nachází v první části (6.4.1) aplikace Funkční generátor. Jedná se o podprogram pro vytvoření kanálu k generování dat pomocí DAQmx create channel a pro nastavení vzorkovací frekvence měřící karty pomocí DAQmx Timing.



**Obr. 5.35** Terminály podprogramu inicializace

**Timing** se nachází v první části (6.4.1) aplikace Funkční generátor. Jedná se o podprogram, který zajišťuje korektní časování přičítání frekvence při spuštěném režimu Sweep.



**Obr. 5.36** Terminály podprogramu Timing



## 7 Závěr

Výstupem této bakalářské práce je pět funkčních aplikací, které jsou dostupné k editaci a dalšímu vývoji. Všechny 5 aplikací, na rozdíl od sady nástrojů NI ELVISmx Instrument Launcher, je možno používat s téměř jakoukoliv měřicí kartou společnosti NI. Největší problém při implementaci SW byla změna vzorkovací frekvence za chodu aplikace, to totiž žádná měřicí karta neumožňuje. Pro změnu vzorkovací frekvence bylo nutno restartovat aplikaci a vzorkovací frekvenci karty nastavit nově znovu.

Tato práce mi dala velice komplexní přehled v prostředí LabVIEW, postupným řešením jednotlivých aplikací jsem získával zkušenosti v programování, stále se zlepšoval a rozšiřoval své vědomosti. Velkým přínosem bylo také absolvování předmětu Virtuální Instrumentace II, kde jsem nabyl zkušeností, s prací s frontami a měřicími kartami. Díky častým konzultacím s vedoucím závěrečné práce jsem byl vždy naveden dobrým směrem pro její úspěšné vyřešení.

Další vylepšení aplikací by například mohla pokračovat v oblasti spouštění aplikace pomocí tlačítka Run a pauzování pomocí tlačítka Stop. Další vylepšení může také přijít z oblasti ošetření hazardních stavů popřípadě přizpůsobení pro širší škálu zařízení apod. Další aplikace z programu NI ELVISmx, kterým bych dále chtěl věnovat čas jsou Dynamic signal analyzer, Digital multimeter a Bode analyzer.

## 8 Použitá literatura

- [1] NI myDAQ. *National Instruments: Test, Measurement, and Embedded systems* [online]. Austin, ©2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/mydaq/>
- [2] *NI myDAQ: User guide and specifications* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, ©2011 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/373060e.pdf>
- [3] Taking Circuit Concepts Beyond the Classroom with Multisim and NI myDAQ. *National Instruments* [online]. Austin: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/tutorial/12268/en/>
- [4] NI ELVIS II, NI ELVIS II+. *National Instruments* [online]. Austin: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/205425>
- [5] *NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVIS II Series) User Manual* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2011 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/374629c.pdf>
- [6] *NI ELVIS II Series Specifications* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2009 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372590b.pdf>
- [7] NI PCI-6221. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/14132>
- [8] *NI 6221 Device Specification* [online]. Austin, Texas: National Instruments, 2015 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/manuals/375303b.pdf>
- [9] NI USB-6211. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/203224>
- [10] *Bus-Powered M Series Multifunction DAQ for USB - 16-Bit, up to 400 kS/s, up to 32 Analog Inputs, Isolation* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2014 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-9>
- [11] What Is Measurement & Automation Explorer (MAX)? *National Instruments* [online]. Austin, Texas, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/71544521BDE34FFB86256FCF005F4FB6>
- [12] *NI-DAQmx Software* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/10181>

- [13] Introducing the New NI ELVISmx Instrument Launcher. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/52437/en/>
- [14] Using myDAQ with the NI ELVISmx Digital Reader Soft Front Panel. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/tutorial/11507/en/>
- [15] Using myDAQ with the NI ELVISmx Digital Writer Soft Front Panel. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/tutorial/11508/en/>
- [16] Using myDAQ with the NI ELVISmx Function Generator Soft Front Panel. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/tutorial/11503/en/>
- [17] Using myDAQ with the NI ELVISmx Oscilloscope Soft Front Panel. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.ni.com/tutorial/11502/en/>
- [18] NI ELVISmx 15.0. *National Instruments* [online]. Austin, Texas: National Instruments Corporation, 2015 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.ni.com/download/ni-elvismx-15.0/5424/en/>

## 9 Seznam příloh

Příloha A:	Tabulky terminálů použitých HW zařízení .....	LXIX
------------	---	------

Součástí bakalářské práce je příloha na CD.

Adresářová struktura přiloženého CD:

- Bakalarska\_prace.docx
- Bakalarska\_prace.pdf
- Programy
  - Ctecka\_digitalnich\_vstupu
    - SubVI
    - Tlacitka
    - digital\_reader.vi
  - Funkcni\_generator
    - SubVI
    - Tlacitka
    - Function\_generator.vi
  - Menu
    - Tlacitka
    - menu.vi
  - Osciloskop
    - LabVIEWfiles
    - SubVI
    - Tlacitka
    - Oscilloscope.vi
  - Zapisovacka\_na\_digitalni\_vystupy
    - SubVI
    - Tlacitka
    - Digital\_writer.vi
  - Ukazkovy\_program.vi

Tabulka A.1: *Tabulka terminálů a jejich vlastností zařízení NI myDAQ tabulka se vztahuje k Obr. 2.2.[2]/[3]*

Název terminálu	Směr	Popis	Parametry
AUDIO IN	Vstup	Audio vstup –zvukový stereo vstup	$f_{vz\_max}=200\text{kS/s}$ $U_{max} = \pm 2 \text{ V}$
AUDIO OUT	Výstup	Audio výstup – zvukový stereo výstup	$f_{vz\_max}=200\text{kS/s}$ $U_{max} = \pm 2 \text{ V}$
+15V/-15V	Výstup	Zdroj napětí +15V/-15V	$U_{max} = \pm 15 \text{ V}$ $I_{max} = 32\text{mA}$
AGND	-	Uzemnění analogových terminálů a zdroje napětí +15V/-15V	-
AO 0/AO 1	Výstup	Analogové výstupy - kanály 0 a 1	$f_{vz\_max}=200\text{kS/s}$ $U_{max} = \pm 10 \text{ V}$
AI 0+/AI 0-; AI 1+/AI 1-	Vstup	Analogové vstupy – kanály 0 a 1	$f_{vz\_max}=200\text{kS/s}$ $U_{max} = \pm 10 \text{ V}$
DIO <0..7>	Vstup/výstup	Digitální vstupní nebo výstupní terminály	5V LVTTL vstup 3,3V LVTTL výstup $I_{max} = 100\text{mA}$
DGND	-	Uzemnění digitálních terminálů a zdroje 5V napětí.	-
5V	Výstup	Zdroj napětí 5V	$U_{max} = +5\text{V}$

Tabulka A.2: *Tabulka terminálů a jejich vlastností pro zařízení NI myDAQ. Popis terminálů pro měření digitálním multimetrem, tabulka se vztahuje k Obr. 2.2.[2]/[3]*

Název konektoru	Směr	Popis	Parametry
HI (V $\Omega$ )	vstup	Kladný terminál pro měření napětí, resistance a diod.	$U_{\max} = \pm 60 \text{ V}$ $U_{\text{ef\_max}} = \pm 60 \text{ V}_{\text{RMS}}$ $R_{\max} = 20 \text{ M}\Omega$ Rozsah pro měření diod: 2V
COM	-	Reference pro všechna měření digitálním multimetrem	-
HI (A)	vstup	Kladný terminál pro měření proudu.	$I_{\max} = 1 \text{ A}_{\text{ss}}$ $I_{\text{ef\_max}} = 1 \text{ A}_{\text{RMS}}$

Tabulka A.3: *Tabulka terminálů a jejich vlastností pro zařízení NI ELVIS II. [5][6]*

Název konektoru	Směr	Popis	Parametry
AI <0..7> $\pm$	Vstupy	Analogové vstupy – kanály 0-7	$f_{vz\_max}=1,25MS/s$ $U_{max}= \pm 10\text{ V}$ FIFO 4095 vz.
AI SENSE	Vstup	Reference pro analogové vstupy v režimu NRSE.	-
AI GND	Vstup	Uzemnění analogových vstupů	-
PFI <0..2>, <5..7>, <10..11>	Vstupy/ výstupy	Terminály programovatelných funkcí.	32-bitové časovače/čítače s frekvencí 80/20/0,1MHz
BASE	Vstup	Terminál používaný pro připojení báze bipolárního tranzistoru pro analyzátor.	NPN/PNP tranzistory
DUT+	Vstup	Terminál pro měření digitálním multimetrem	$I_{max}= \pm 40mA$ ; $U_{max}= \pm 10\text{ V}$
DUT-	Vstup	Vistuální uzemnění pro digitální multimetr.	-
AO0/AO1	Výstupy	Analogové výstupy – kanály 0 a 1	$f_{vz\_max}=2,8MS/s$ ; $U_{max}= \pm 10\text{ V}$ ; FIFO 8191 vz.
FGEN	výstup	Výstup funkčního generátoru	$f_{vz\_max}=2,8MS/s$ ; $U_{max}= \pm 10\text{ V}$
SYNC	Výstup	Signál synchronizovaný k signálu FGEN, nejčastěji používán jako triggrovací signál osciloskopu.	$U= 5V$
AM	Vstup	Analogový vstup používající se k modulování amplitudy signálu FGEN	$U_{max}= \pm 10\text{ V}$ Faktor 10%/V
FM	Vstup	Analogový vstup používající se k modulování frekvence signálu FGEN	$U_{max}= \pm 10\text{ V}$ Faktor 20%/V
BANANNA<A..D>	Vstup/ výstup	Piny připojené k banánkovým konektorům	$U_{max}= 60\text{ V}/20V_{RMS}$
BNC <1..2> $\pm$	Vstup/ výstup	Pozitivní piny jsou připojeny do středu BNC konektorů, negativní	-

Tabulky terminálů použitých HW zařízení

		jsou připojeny k vnějšímu opláštění BNC konektorů.	
SCREW TERMINAL <1..2>	Vstup/ výstup	Piny připojeny k svorkovnicovému terminálu.	-
SUPPLY +	Výstup	Pozitivní zdroj napětí	U=0-+12V;I=500mA
GROUND	-	Uzemnění zdrojů napětí	-
SUPPLY-	Výstup	Negativní zdroj napětí	U=-12-0V;I=500mA
+15V	Výstup	Zdroj napětí	U= +15V;I=500mA
-15V	Výstup	Zdroj napětí	U=-15V;I=500mA
GROUND	-	Uzemnění zdrojů napětí	-
+5V	Výstup	Zdroj napětí	U= +5V;I=2A
DIO <0..23>	Vstup/ výstup	Digitální vstupy/výstupy.	
PFI 3,4,8,9,12,13,14	Vstup/ výstup	Terminály programovatelných funkcí.	32-bitové časovače/čítače $f_{clock}=80/20/0,1\text{MHz}$
LED <0..7>	Výstup/ vstup	Indikační LED diody	U=5V;I=10mA
DSUB SHIELD	Vstup/ výstup	Připojení k vnějšímu terminálu DSUB konektoru.	-
DSUB PIN <1..9>	Vstup/ výstup	Připojení k vnějšímu terminálu DSUB konektoru.	-
+5V	Výstup	Zdroj napětí.	U=+5V
GROUND	-	Uzemnění zdroje napětí.	-



Tabulka A.4: *Tabulka terminálů a jejich vlastností pro zařízení NI PCI-6221 [8]*

Název terminálu	Směr	Popis	Parametry
AI<0..7> $\pm$	Vstup	8 diferenciálních nebo 16 jednotně ukončených analogových vstupů. Použité převodníky jsou 16 bitové.	$f_{vz\_max}=250kS/s$ $U_{max}= \pm 10\ V$ FIFO 4095 vz.
AO<0..1>	Výstup	2 Analogové výstupy. Použité převodníky jsou 16-bitové. Maximální vzorkovací frekvence je udána při použití jednoho nebo obou kanálů	$f_{vz\_max}=833/740kS/s$ $U_{max}= \pm 10\ V$ $I_{max}= \pm 5mA$ FIFO 8191 vz.
AI GND	-	Uzemnění analogových vstupů	-
AO GND	-	Uzemnění analogových výstupů	-
PFI/DIO Port 0 <0..7>	Vstup/výstup	8 digitálních vstupů/výstupů s vzorkovací frekvencí až 1MHz.	$f_{clock}=1MHz$ FIFO 2047 vz.
PFI Port 1 <0..7>	Vstup/výstup	Terminály programovatelných funkcí.	32-bitové převodníky
PFI Port 2 <8..15>	Vstup/výstup	Terminály programovatelných funkcí.	32-bitové převodníky
DGND	-	Uzemnění digitálních vstupů/výstupů	-

Tabulka A.5: *Tabulka terminálů a jejich vlastností pro zařízení NI USB-6211 [10]*

Název terminálu	Směr	Popis	Parametry
AI<0..7>±	Vstup	8 diferenciálních analogových vstupů. Možno použít také jako 16 jednotně zakončených vstupů.	$f_{vz\_max}=250\text{kS/s}$ $U_{max}=\pm 10\text{ V}$ FIFO 4095 vz.
AO<0..1>	Výstup	2 Analogové výstupy. Použité převodníky jsou 16-bitové.	$f_{vz\_max}=833/740\text{kS/s}$ $U_{max}=\pm 10\text{ V}$ $I_{max}=\pm 2\text{mA}$ FIFO 8191 vz.
AI GND	-	Uzemnění analogových vstupů	-
AO GND	-	Uzemnění analogových výstupů	-
AI SENSE	Vstup	Referenční terminál pro analogové vstupy při NRSE módu.	-
PFI<0..3>, PFI<8..11> /P0<0..7>	Vstup	Terminály programovatelných funkcí nebo statické digitální vstupy.	32-bitové převodníky, FIFO 1023 vz.
PFI<4..7>, PFI<12..15> /P1<0..7>	Výstup	Terminály programovatelných funkcí nebo statické digitální výstupy.	32-bitové převodníky, FIFO 1023 vz.
P0<0..15> PFI<0..7>/P1<0..7>, PFI<8..15>/P2<0..7>	Vstup/výstup	Terminály programovatelných funkcí nebo digitální vstupy/výstupy.	32-bitové převodníky, FIFO 1023 vz.
DGND	-	Uzemní terminálů PFI<0..15>/P0/P1 a zdroje napětí +5V.	-
+5V	Vstup/výstup	Zdroj napětí +5V	$U=+5\text{V}$ ; $I_{max}=50\text{mA}$
USER	-	Uživatelsky definovatelný terminál. Možno použít pro digitální nebo časovací vstupní/výstupní signál.	